

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

## **Zařízení pro zjišťování štípacích sil**

Testing Equipment for Determination of Wood Cutting  
Forces

Student:

Bc. Vojtěch Machů

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2011

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Vojtěch Machů**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení  
Téma: **Zařízení pro zjišťování štípacích sil u dřeva**  
**Testing Equipment for Determination of Wood Cutting Forces**

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte zařízení pro zjišťování štípacích sil u dřeva. Maximální štípací sílu volte 150 kN, štípací rychlost 2 m.s<sup>-1</sup>. Maximální průměr štípaného polena je 600 mm a jeho výška 1050 mm. Navrhněte způsob měření štípacích sil.

### Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstrukční návrh zařízení pro zjišťování štípacích sil.
3. Pevnostní kontrolu důležitých uzlů.
4. Metodiku měření štípacích sil.

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.  
KOPÁČEK, J. *Pohony a převody*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2000. 221s., ISBN 80-7078-806-2.  
KOPÁČEK, J., Pavlok, B. *Tekutinné mechanismy*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. 151s., ISBN 80-7078-238-2.  
Firemní literatura.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....21.5.2011.....

..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2011



podpis student

Jméno a příjmení autora práce: Vojtěch Machů

Adresa trvalého pobytu autora práce: Vysoké Pole 133, 763 25 Újezd

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

MACHŮ, V. *Zařízení pro zjišťování štípacích sil: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2011, 65 s. Vedoucí práce: Učeň, O.

Diplomová práce se zabývá návrhem zařízení pro zjišťování štípacích sil. V úvodu práce je přehled druhů štípacích strojů. Jsou zde uvedeny různé typy konstrukcí, příslušenství a možností využití těchto strojů. Praktická část se zabývá konstrukčním řešením zadaného štípacího stroje. Je zde výpočet a návrh přímočarého hydromotoru, hydraulického agregátu, rámu a konstrukční návrh štípacích klínů. Nakonec je zde navržena metodika měření štípacích sil.

## **ANNOTATION OF MASTER THESIS**

MACHŮ, V. *Testing Equipment for Determination of Wood Cutting Forces: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2011, 65 p. Thesis head: Učeň, O.

Master thesis is dealing with testing equipment for determination of wood cutting forces. In introduction is an overview of splitting machine. There are described many different types of constructions, accessories and possibilities of using these machines. The practical part is dealing with the design of a given splitting machines. There is a calculation and design of linear hydraulic motor, hydraulic power unit, frame and design of splitting wedge. Finally is there a methodology for measuring cutting forces.

**OBSAH**

<b>SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ.....</b>	<b>8</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>11</b>
<b>2 ROZDĚLENÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ .....</b>	<b>12</b>
2.1 ROZDĚLENÍ PODLE ŠTÍPACÍHO TLAKU .....	12
2.1.1 Hobby štípačky .....	12
2.1.2 Poloprofesionální štípačky.....	13
2.1.3 Profesionální štípačky .....	14
2.2 ROZDĚLENÍ PODLE PRACOVNÍ POLOHY PÍSTU .....	15
2.2.1 Horizontální (vodorovné) .....	15
2.2.2 Vertikální (svislé) .....	16
2.2.3 Polohovací .....	17
2.3 ROZDĚLENÍ PODLE POHONU ŠTÍPACÍHO STROJE .....	17
2.3.1 Elektrický pohon.....	17
2.3.2 Kardanový pohon.....	18
2.3.3 Kombinovaný pohon.....	19
2.3.4 Benzínový pohon .....	19
2.3.5 Hydraulický pohon .....	20
<b>3 PŘÍSLUŠENSTVÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ .....</b>	<b>21</b>
3.1 ŠTÍPACÍ KLÍNY .....	21
3.1.1 Rozšiřovací klín .....	21
3.1.2 Speciální klín s válečky .....	22
3.1.3 Přidržovací klín.....	22
3.1.4 Štípací kříž .....	23
3.1.5 Štípací nože více dílné .....	23
3.2 OSTATNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ ŠTÍPAČKY .....	25
<b>4 KONSTRUKCE A PEVNOSTNÍ KONTROLA ŠTÍPACÍHO ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>26</b>
4.1 NÁVRH PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU .....	28
4.1.1 Technický popis přímočarého hydromotoru.....	28
4.1.2 Technické podmínky provozu .....	29
4.1.3 Výpočet a výběr přímočarého hydromotoru z výrobního katalogu.....	29
4.2 NÁVRH HYDRAULICKÉHO AGREGÁTU .....	35
4.2.1 Výpočet základních veličin pro návrh hydraulického agregátu.....	35

4.2.2	Návrh hydraulického obvodu.....	40
4.2.3	Prvky použité v hydraulickém obvodu a jejich specifikace .....	41
4.3	KONSTRUKČNÍ NÁVRH RÁMU A KONTROLA POMOCÍ MKP.....	44
4.3.1	Technický popis rámu.....	44
4.3.2	Pevnostní kontrola důležitých uzlů rámu.....	47
4.3.3	Kontrola rámu pomocí MKP .....	52
4.4	KONSTRUKČNÍ NÁVRH ŠTÍPACÍCH KLÍNŮ.....	54
<b>5</b>	<b>NÁVRH METODIKY MĚŘENÍ ŠTÍPACÍCH SIL.....</b>	<b>58</b>
5.1	Technický popis tlakového snímače .....	58
5.2	Postup měření štípacích sil.....	59
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ.....</b>	<b>62</b>
	<b>POUŽITÉ PROGRAMY .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>65</b>

**SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ**

$a$	nosný průřez svaru	[mm]
$D$	průměr válce	[mm]
$d$	průměr pístní tyče	[mm]
$d_{vh}$	vnitřní průměr hadic	[mm]
$d_{vnh}$	vnější průměr hadic	[mm]
$F_{dov}$	dovolené zatížení pro daný průměr pístní tyče	[kN]
$F_{max}$	maximální štípací síla	[kN]
$J_{SVx}$	kvadratický moment průřezu svaru	[mm <sup>4</sup> ]
$k_S$	statická bezpečnost	[1]
$k_{Smin}$	minimální statická bezpečnost	[1]
$k_v$	koeficient bezpečnosti PČH	[1]
$k_3$	převodní součinitel koutového čelního svaru	[1]
$k_4$	převodní součinitel koutového bočního svaru	[1]
$L_0$	délka těla válce	[mm]
$L_1$	délka ukončení pístní tyče	[mm]
$L_2$	délka oka pláště	[mm]
$l_{hc}$	celková délka hadic	[m]
$l_r$	redukovaná délka	[mm]
$M_o$	ohybový moment	[Nm]
$\frac{M_{max}}{M_n}$	poměrný moment zvratu	[1]
$n_m$	otáčky elektromotoru	[ot · min <sup>-1</sup> ]
$P_m$	příkon soustavy	[W]
$P_{max}$	mezní výkony z hlediska mechanické přetížení	[W]
$P_{NS1}$	jmenovitý výkon elektromotoru	[W]
$P_{S6}$	mezní výkony z hlediska dovoleného oteplení	[W]



$p$	tlak v hydraulickém obvodu	[MPa]
$p_d$	dovolený tlak; volím pro čep i závěs	[MPa]
$p_{max}$	maximální tlak	[MPa]
$p_N$	měřicí rozsah tlaku	[MPa]
$p_{otl1}$	tlak vyvíjený na oko pláště PČH a čep	[MPa]
$p_{otl2}$	tlak vyvíjený na závěs PČH a čep	[MPa]
$Q_v$	objemový průtok	[dm <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> ]
$Q_{vmax}$	maximální objemový průtok	[dm <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> ]
$Q_{vskut}$	skutečný objemový průtok	[dm <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> ]
$\Sigma Q_{vg}$	součet průtoku hydrogenerátoru	[dm <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> ]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$R_m$	mez pevnosti	[MPa]
$S_{HEB}$	plocha průřezu stojanu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{SV}$	plocha průřezu svaru	[mm <sup>2</sup> ]
$S_1$	plocha válce	[mm <sup>2</sup> ]
$S_2$	plocha mezikruží	[mm <sup>2</sup> ]
$s$	celková délka PČH i s vysunutím	[mm]
$T_C$	celková doba štípacího cyklu	[s]
$U$	výstupní signál napětí	[V]
$U_B$	provozní napětí	[V]
$V_g$	geometrický objemu hydrogenerátoru	[cm <sup>3</sup> · ot <sup>-1</sup> ]
$V_{gkat}$	katalogový geometrický objem hydrogenerátoru	[cm <sup>3</sup> · ot <sup>-1</sup> ]
$V_H$	pracovní objem hadic	[dm <sup>3</sup> ]
$V_N$	užitečný objem nádrže	[dm <sup>3</sup> ]
$V_P$	pracovní objem PČH	[dm <sup>3</sup> ]
$\Sigma V_M$	součet pracovních objemů	[dm <sup>3</sup> ]

$v_{pr}$	pracovní rychlost	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$
$v_{prskut}$	skutečná pracovní rychlost pístu	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$
$v_{zpskut}$	skutečná zpáteční rychlost pístu	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$
$W_{oHEB}$	modul průřezu v ohybu stojanu	$[\text{mm}^3]$
$W_{oSVx}$	modul průřezu v ohybu svaru	$[\text{mm}^3]$
$Z$	zdvih válce	$[\text{mm}]$
$z$	poměrný zatěžovatel	$[1]$
$z_s$	rozměr pro měření velikosti svaru	$[\text{mm}]$
$\beta$	součinitel tloušťky koutového svaru	$[1]$
$\Delta t_{dvp}$	doba výměny polena	$[\text{s}]$
$\Delta t_p$	doba vysunutí písní tyče	$[\text{s}]$
$\Delta t_v$	doba chodu naprázdno	$[\text{s}]$
$\Delta t_{zp}$	doba zasunutí písní tyče	$[\text{s}]$
$\eta_c$	celková účinnost štípačky	$[1]$
$\eta_{QHG}$	průtoková účinnost hydrogenerátoru	$[1]$
$\eta_{QHM}$	průtoková účinnost hydromotoru	$[1]$
$\eta_{šp}$	tolerance štítkových parametrů 10%	$[1]$
$\vartheta$	teplotní rozsah kapaliny	$[\text{°C}]$
$\sigma_c$	celkové napětí	$[\text{MPa}]$
$\sigma_D$	dovolené napětí	$[\text{MPa}]$
$\sigma_o$	ohybové napětí	$[\text{MPa}]$
$\sigma_{red}$	redukované napětí ve svaru	$[\text{MPa}]$
$\sigma_t$	tahové napětí	$[\text{MPa}]$
$\tau_{\perp 1}$	smykové napětí od ohybového momentu	$[\text{MPa}]$
$\tau_{\perp 2}$	smykové napětí od tlakové síly	$[\text{MPa}]$
$\tau_{\parallel 3}$	smykové napětí od posouvající síly	$[\text{MPa}]$

## 1 ÚVOD

Při současném vzrůstajícím trendu cen elektrické energie a plynu, které se používají nejčastěji k vytápění, se znovu dostává do popředí vytápění palivovým dřevem. Týká se to hlavně lidí vlastnících rodinný dům a chalupářů. Toto palivo je pro ně dostupné a je nejlevnější variantou. Nevýhodou je nutnost jeho zpracování. Pro zjednodušení práce slouží štípací stroj, který nahrazuje pracné používání seker a ručních klínů a zvyšuje efektivitu práce.

Hlavní myšlenkou proč tato diplomová práce vznikla je zjistit jaký tvar a úhel klínu je nejvhodnější pro štípání určitého druhu dřeva s určitou vlhkostí a průměrem. Tímto měřením zjistíme sílu při štípání různými klíny odlišného dřeva a díky tomu zefektivnit štípací proces.

Diplomová práce se nezabývá samotným měřením sil, ale návrhem zařízení pro zjišťování štípacích sil u dřeva a následně metodikou měření štípacích sil. Jako měřicí zařízení jsem zvolil štípací stroj na dřevo. Bližší informace o používání štípací techniky a jejímu příslušenství v současné době jsou uvedeny v kapitole 2 a 3. Navrhované zařízení bude používáno čistě pro vědecké účely, proto se při návrhu konstrukce nebude dbát na jednoduchost manipulace se strojem a rozměry pro uskladnění jako u komerčních zařízení. Spíše se bude dbát na tuhost konstrukce, aby bylo měření co nejméně ovlivněno okolním prostředím.

### **Cíle diplomové práce:**

- Vypracovat technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
- Vypracovat konstrukční návrh zařízení.
- Vypracovat pevnostní kontrolu důležitých uzlů.
- Vypracovat metodiku měření štípacích sil.

## 2 ROZDĚLENÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ

Štípací stroje můžeme rozdělit podle různých hledisek. Například podle štípacího tlaku, pracovní polohy pístu nebo druhu pohonu.

### 2.1 ROZDĚLENÍ PODLE ŠTÍPACÍHO TLAKU

- a) Hobby (40 ÷ 80) [kN]
- b) Poloprofesionální (80 ÷ 110) [kN]
- c) Profesionální (110 ÷ 300) [kN]

#### 2.1.1 Hobby štípačky

Hobby štípačky jsou vhodné pro štípání menšího množství méně sukatého dřeva pro menší rodinné domky, chaty, zahradní domky.

Pro špalky do průměru 30 [cm] a délky 50 [cm] se používají horizontální štípače. Bývají velmi skladné a kompaktní. Bývají menší a váží okolo 50 [kg]. Zapojují se do běžné zásuvky, elektromotor mívá příkon kolem 1500 [W] a dokáže vyvinout hydraulickou sílu klínu kolem (40 ÷ 50) [kN]. Při mokřím a sukatém dřevu se zastavují a jsou mnohdy pomalejší než poloprofesionální řady. Kostra štípačky je často z odlehčených plechů. [12]



Obrázek 2.1 Hobby štípač – horizontální (40 kN) [18]

Větší štípačky v hobby třídě přesahují hmotnost 100 [kg]. Bývají zpravidla vertikální a hydraulická síla klínu dosahuje až 80 [kN]. Štípají i metrová polena. Cena hobby štípaček se pohybuje od 5 do 20 tisíc korun, podle druhu provedení. [14]



Obrázek 2.2 Hobby štípač – vertikální (40 kN) [19]

### 2.1.2 Poloprofesionální štípačky

Poloprofesionální štípačky, někdy se můžeme setkat i s označením profi, jsou výkonné štípačky, které si poradí již s jakýmkoliv dřevem (mokrým, sukatým velkým apod.). Jsou vhodné pro štípání dřeva pro dílny, rodinné domy, penziony, hotely. Jsou určeny pro štípání špalků do průměru 50 [cm] a délky až 120 [cm]. Hmotnost dosahuje hodnoty kolem 200 [kg]. Pohon bývá řešen většinou pomocí trojfázového elektromotoru s napětím 400 [V], nebo pomocí kardanové hřídele traktoru. Cena se pohybuje od 15 do 40 tisíc korun. [12]



Obrázek 2.3 Poloprofesionální štípač (100 kN) [20]

### 2.1.3 Profesionální štípačky

Tyto štípačky jsou velmi výkonné a vytrvalé, pro vícesměnný provoz cca 1 plnometr<sup>1</sup> za hodinu. Jsou určené pro hotely, dílny, dřevařské firmy, prodejce paliv.

Štípačky z této kategorie jsou schopné pracovat nepřetržitě na tři směny. Jejich konstrukce bývá robustní a musí být schopny pracovat v i nepříznivých podmínkách. Dosahují štípací síly až 200 [kN]. Obvykle bývají určeny ke štípání dřevin délky 120 [cm], na požádání se vyrábí i pro štípání až dvoumetrových polen. Pohon je řešen pomocí kardanové hřídele traktoru, trojfázovým elektromotorem, nebo jejich kombinací, např.: kardan + elektromotor. Jejich hmotnost se pohybuje v rozmezí okolo (250 ÷ 500) [kg]. Jejich cena přesahuje i stotisícovou hranici. [12]

Nejvýkonnější štípače dosahují štípací síly blížící se i k 300 [kN]. Pohon bývá řešen kombinovaně - kardan + hydraulický obvod traktoru. Dosahuje hmotnosti až 650 [kg] a stojí okolo 250 tisíc korun. [13]



Obrázek 2.4 Profesionální štípač (160 kN) [21]

<sup>1</sup> Prodejní jednotkou je 1 plnometr, tj. množství dřeva nasypané do objemu 1 x 1 x 1m.



Obrázek 2.5 Profesionální štípač WOODLINE (280 kN) [22]

## 2.2 ROZDĚLENÍ PODLE PRACOVNÍ POLOHY PÍSTU [12]

- a) Horizontální (vodorovné)
- b) Vertikální (svislé)
- c) Polohovací

### 2.2.1 Horizontální (vodorovné) [15]

Pracovní pohyb pístu je vodorovný. Abychom se k němu nemuseli shýbat, dá se postavit i na robustnější stůl - pohodlnější práce. Bývají vybaveny koly, které se musí před zahájením štípání demontovat, aby byl stroj stabilní. Používá se spíše pro menší a lehčí polena, protože je nutné, zvednout je na štípačku. Nejsou tak rozšířené jako vertikální provedení, radí se spíše mezi hobby štípací stroje.

Existují i profesionální vodorovné štípací stroje, které jsou vybaveny hydraulickým zvedacím zařízením, kmen bude prostřednictvím hydraulického zvedacího zařízení zvednut bez námahy na pracovní stůl.





Obrázek 2.6 Vodorovný štípač s hydraulickým zvedákem [15]

### 2.2.2 Vertikální (svislé)

Pracovní pohyb pístu je svislý. Jsou vhodné pro velké a těžké špalky, které se jednoduše dopraví pod klín štípačky. Díky otočnému nebo závěsnému stolu umožňuje štípání různých délek špalků. Jsou více rozšířené než vodorovné.



Obrázek 2.7 Vertikální štípač s otočným stolem [23]



### 2.2.3 Polohovací

Spojuje výhody obou předchozích uvedených typů. Štípačka má ještě další dvě šikmé polohy a jednu vodorovnou.



Obrázek 2.8 Polohovací štípač [24]

## 2.3 ROZDĚLENÍ PODLE POHONU ŠTÍPACÍHO STROJE [16]

- a) Elektrický pohon
- b) Kardanový pohon
- c) Kombinovaný pohon
- d) Benzínový pohon
- e) Hydraulický pohon

### 2.3.1 Elektrický pohon

- a) Jednofázové 230 [V]
- b) Třífázové 400 [V]

Nepřesahuje-li příkon elektromotoru 2000 [W], dá se štípačka připojit na běžně jištěnou zásuvku 230 [V]. Proti přetížení je chráněna vlastním motorovým jističem.

Stroje s příkonem nad 2400 [W] se připojují pomocí trojfázového elektromotoru s napětím 400 [V], takže k napojení vyžadují trojfázovou zásuvku s krytím IP 54, bezpečnou proti vlhkosti.[12]



Obrázek 2.9 Elektrický pohon štípačky (elektromotor 400V) [25]

### 2.3.2 Kardanový pohon

Stroje vhodné pro připojení na traktor, bývají vybaveny třibodovým závěsem pro převoz. Tyto štípače jsou mobilní a používají se tam, kde není přístup k elektrické energii, zejména v lese. Pohon obstarává kardanová hřídel traktoru, která spojuje přímo olejové čerpadlo štípačky s vývodovým hřídelem traktoru nebo jiného stroje.



Obrázek 2.10 Detail kardanového pohonu a třibodového závěsu [17]

### 2.3.3 Kombinovaný pohon

Umožňuje používání více pohonů dohromady na jednom stroji. Štípačky s kombinovaným pohonem bývají konstruovány pro maximální využití v různých podmínkách. Většinou se kombinuje elektrický pohon s pohonem kardanovým.



Obrázek 2.11 Kombinovaný pohon štípačky (elektromotor a kardan) [17]

### 2.3.4 Benzínový pohon

Štípačka je vybavena benzínovým motorem, který pohání olejové čerpadlo stroje. Je vhodný, stejně jako pohon pomocí kardanu, pro použití mimo dosah elektrické energie, zejména pro chaty.



Obrázek 2.12 Benzínový pohon štípačky [26]

### 2.3.5 Hydraulický pohon

Stroje jsou vhodné pro připojení přímo na hydraulickou soustavu traktoru, nebo jiného stroje (UNC). Spojuje je tzv. hydraulická rychlospojka.



Obrázek 2.13 Stroj s hydraulickým zapojením na traktor [27]



Obrázek 2.14 Štípač jako přídavné zařízení pro UNC [28]

### 3 PŘÍSLUŠENSTVÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ

#### 3.1 ŠTÍPACÍ KLÍNY

Štípací klíny nebo také někdy uváděny jako nože, jsou jedny z nejdůležitějších funkčních prvků na štípačce. Přichází přímo do styku se štípaným polenem a zajišťují jeho rozštípnutí. Mívají různé tvary a počty nožů, podle průměru štípaných polen a potřeb uživatele.

Za nejběžnější typ klínu se považuje klín s jedním břitem, který při jednom pracovním cyklu poleno pouze rozpůlí. Používá se jak u horizontálních, tak u vertikálních štípaček. Bývá buď pevně svařen s pohyblivým pracovním pístem (viz Obrázek 3.1) a následně na něj můžeme nasadit další varianty upravených klínů, anebo ho můžeme spojit s pracovním pístem např. pomocí závitů nebo čepu se závlačkou (viz Obrázek 3.2) a měnit s libovolnými klíny.



Obrázek 3.1 Klín pevně svařený [29]



Obrázek 3.2 Klín vyměnitelný [30]

##### 3.1.1 Rozšiřovací klín

Jeho tvar bývá ve vrchní části klínu rozšířený. Je to z důvodu lepšího rozštípnutí polena. Klín má větší úhel, tím rozevívá více poleno, a proto se jednodušeji rozštípe.



Obrázek 3.3 Klín rozšiřovací (nasazovací) [31]



Obrázek 3.4 Rozšíření základního štípacího klínu [15]



### 3.1.2 Speciální klín s válečky

Tento klín je vhodný pro štípání obzvlášť houževnatého dřeva. Nasazovací štípací nůž zařídí přes speciální válečky, že dřevo lehčeji sklouzne po noži a tak se šetří síla pro štípání. Výhodou je, že dřevo rychle odskočí. Válečky zabrání uvíznutí rozštípnutého dřeva při zpětném chodu. [15]



Obrázek 3.5 Speciální klín s válečky [32], [8]

### 3.1.3 Přidržovací klín

S přidržovací špicí může také slabé nebo šikmo uříznuté dřevo snadno upevněno a bez problémů rozštípnuto.



Obrázek 3.6 Přidržovací klín [32]

### 3.1.4 Štípací kříž

Bývají většinou nasazovací. Čtyřdílný štípací kříž se využívá k obzvláště hospodárnému štípání. Zpracuje poleno v jednom pracovním procesu na čtyři díly. Vyrábí se jak pro horizontální, tak pro vertikální typy štípaček.



Obrázek 3.7 Nasazovací štípací kříž na vertikální štípačku  
(vlevo se šikmými bočními noži, vpravo s rovnými) [25], [33]



Obrázek 3.8 Štípací kříž odnímatelný (vodorovná štípačka) [8]

### 3.1.5 Štípací nože více dílné

Tyto klíny zpracují poleno v jednom pracovním procesu na více dílů a tím zvyšují efektivitu práce. Používají se hlavně pro větší průměry polen. Bývají šesti, osmi, dvanácti, patnácti, nebo až osmnácti dílné. K dostání jsou i speciální kombinované rámy, na kterých je kombinace vícedílných nožů. S rámem se pohybuje pomocí hydrauliky, která ho ustaví do vyhovující polohy, podle toho na kolik dílů chceme poleno rozštípnout. Vyrábí se většinou pro horizontální, ale někdy i pro vertikální typy štípaček.



Obrázek 3.9 Šesti dílný nasazovací klín pro vertikální štípačku [34]



Obrázek 3.10 Šesti dílný nasazovací klín pro horizontální štípačku [8]



Obrázek 3.11 Osmi dílný nasazovací klín pro horizontální štípačku [35]



Obrázek 3.14 Dvanácti dílný nasazovací klín pro horizontální štípačku [8]



Obrázek 3.12 Patnácti dílný nasazovací klín pro horizontální štípačku [8]



Obrázek 3.15 Osmnácti dílný nasazovací klín pro horizontální štípačku [8]



Obrázek 3.13 Speciální rámové štípací nože kombinované (šesti a dvanácti dílný nůž) [8]



Obrázek 3.16 Speciální kombinované nože (dvou, šesti a dvanácti dílný nůž) [8]



### 3.2 OSTATNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ ŠTÍPAČKY



Obrázek 3.17 Výškově nastavitelný štípací stůl [8]



Obrázek 3.18 Přidržovací špice [8]



Obrázek 3.19 Protiskluzová podlahová mříž [8]



Obrázek 3.20 Kloubová hřídel [36]



Obrázek 3.22 Zařízení na zvedání kmenů (horizontální štípačka) [8]



Obrázek 3.21 Lanový naviják s uchopovacími klešti [8]



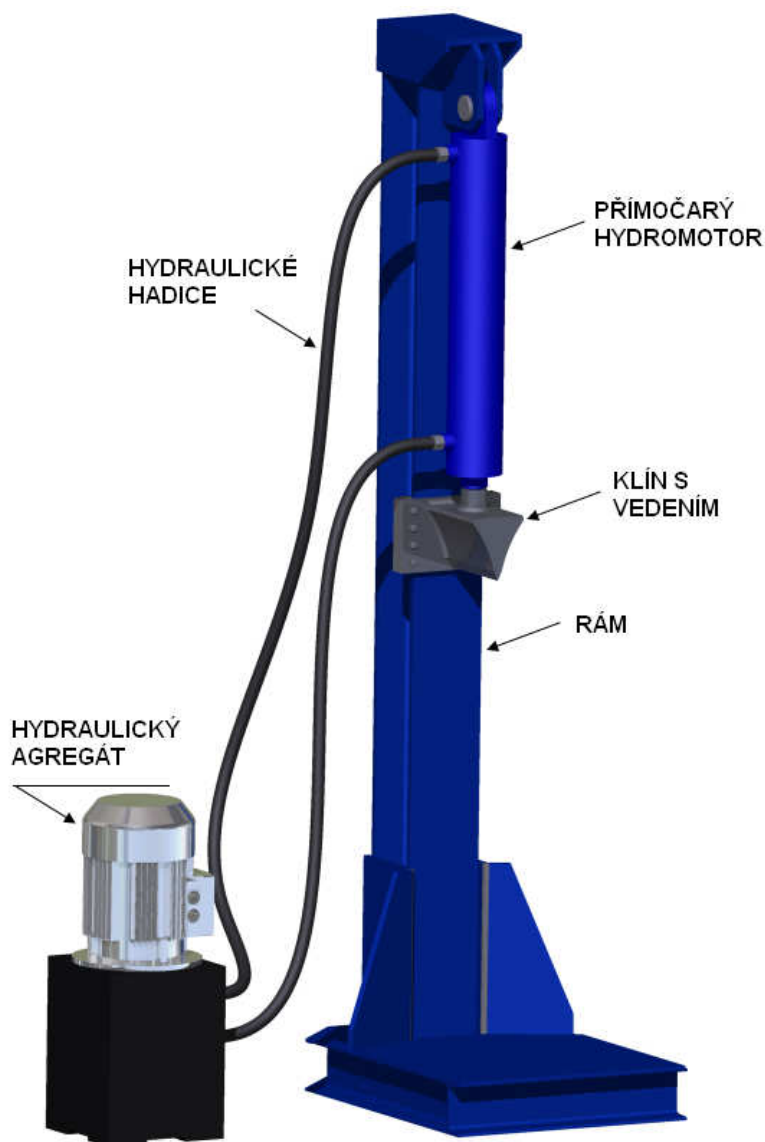
Obrázek 3.23 Zařízení na zvedání kmenů (vertikální štípačka) [8]

#### 4 KONSTRUKCE A PEVNOSTNÍ KONTROLA ŠTÍPACÍHO ZAŘÍZENÍ

V této kapitole se budu zabývat celkovým konstrukčním návrhem štípacího stroje, návrhem jednotlivých komponentů a pevnostní kontrolou důležitých uzlů.

Po uvážení mnoha aspektů volím jako nejlepší variantu pro zařízení pro zjišťování štípacích sil vertikální štípací stroj. Jednak je to pro jeho jednodušší a stabilnější konstrukci rámu a pro snadnější manipulaci se štípanými poleny, které se nemusí při této variantě zdvihat tak vysoko jako u horizontálního štípače.

Zařízení je sestaveno z masivního rámu, přímočarého hydromotoru, hydraulického agregátu s elektromotorem, vyměnitelných klínů s vedením, profilovaného protikus vedení, hydraulických hadic a spojovacích členů.



Obrázek 4.1 Model a popis štípačky v programu Inventor 2010



Obrázek 4.2 Štípací stroj ve skutečnosti



#### 4.1 NÁVRH PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

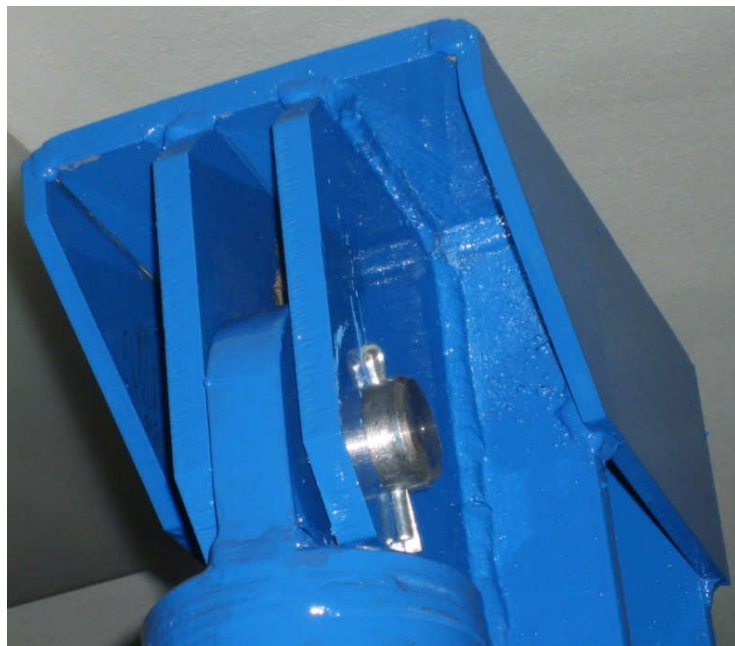
Volím přímočarý hydromotor (PČH) série ZH1 od firmy HYDRAULICS s.r.o.



Obrázek 4.3 PČH HYDRAULICS série ZH1 (model vytvořený v programu Inventor 2010)

##### 4.1.1 Technický popis přímočarého hydromotoru

Je jeden z nejdůležitějších prvků na zařízení, díky jeho tlakové energii, kterou přeměňuje v energii mechanickou, dokážeme rozštípnout poleno. Pevné oko válce je připojovacím prvkem PČH. Spojení se závěsem rámu štípacího zařízení je docíleno čepem se závlačkou. Pístní tyč je ukončena vnějším závitem, který spojuje vyměnitelné klíny s PČH. Vnější nepohybující členy jsou ošetřeny proti korozi a ostatním okolním činitelům ochranným nátěrem.



Obrázek 4.4 Detail spojení PČH s rámem

Hydromotor ZH1 je sestaven z trubky s přesně opracovaným vnitřním průměrem v toleranci H8. Na ni jsou navařeny přípojovací hrdla pro vstup tlakového oleje s vnitřním závitem a zátká společně s pevným okem válce. [7]

#### 4.1.2 Technické podmínky provozu [7]

**Pracovní kapalina:** hydraulický minerální olej (OH-HM 32, OH-HM 46)

**Požadovaná filtrace:** min. 40 [ $\mu\text{m}$ ], doporučuje se 25 [ $\mu\text{m}$ ]

**Teplotní rozsah:** kapaliny ( $-20 \div +80$ ) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

okolí ( $-20 \div +70$ ) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

**Jmenovitý tlak:** 16 [MPa]

**Maximální tlak:** 20 [MPa]

**Zkušební tlak:** 25 [MPa]

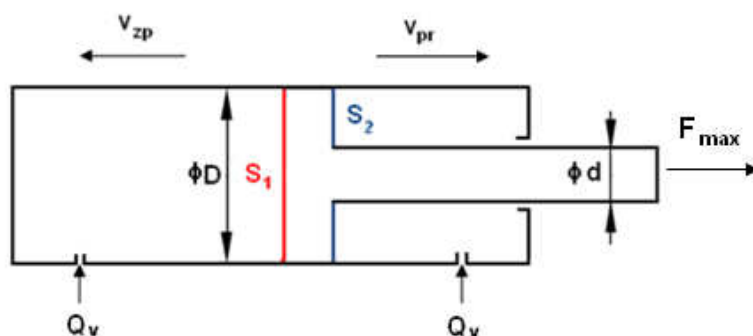
**Pracovní rychlost:** maximální 0,5 [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

#### 4.1.3 Výpočet a výběr přímočarého hydromotoru z výrobního katalogu

##### Zadané a volené hodnoty

Maximální štípací síla  $F_{\max} = 150 \text{ [kN]} = 150 \cdot 10^3 \text{ [N]}$

Volím tlak v hydraulickém obvodu  $p = 16 \text{ [MPa]} = 16 \cdot 10^6 \text{ [Pa]}$



Obrázek 4.5 Schéma PČH

kde:  $S_1$  plocha válce [ $\text{mm}^2$ ]

$S_2$  plocha mezikruží [ $\text{mm}^2$ ]

$D$  průměr válce [mm]

$d$  průměr pístní tyče [mm]

Výpočet průměru válce  $D$ 

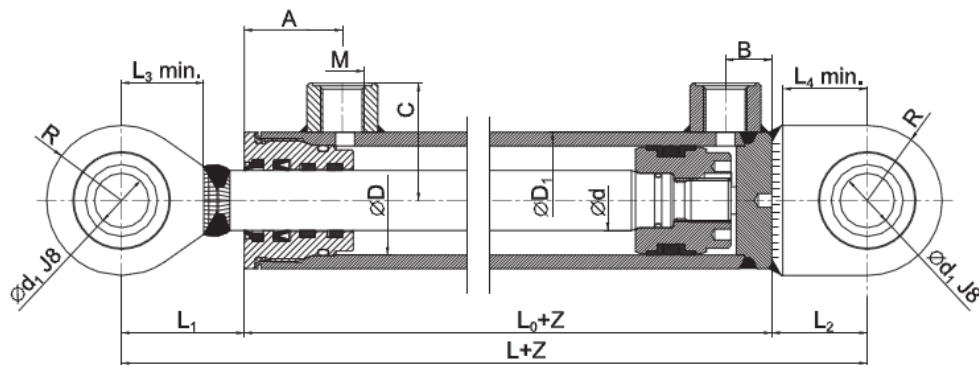
$$p = \frac{F}{S} = \frac{F_{max}}{S_1} = \frac{F_{max}}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad (4.1)$$

$$D = \sqrt{\frac{4F_{max}}{\pi p}} \quad (4.2)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 150 \cdot 10^3}{\pi \cdot 16 \cdot 10^6}}$$

$$D = 0,1092 \text{ [m]} = 109,2 \text{ [mm]}$$

Volím průměr válce  $D = 110 \text{ [mm]}$  a průměr pístní tyče  $d = 63 \text{ [mm]}$ .



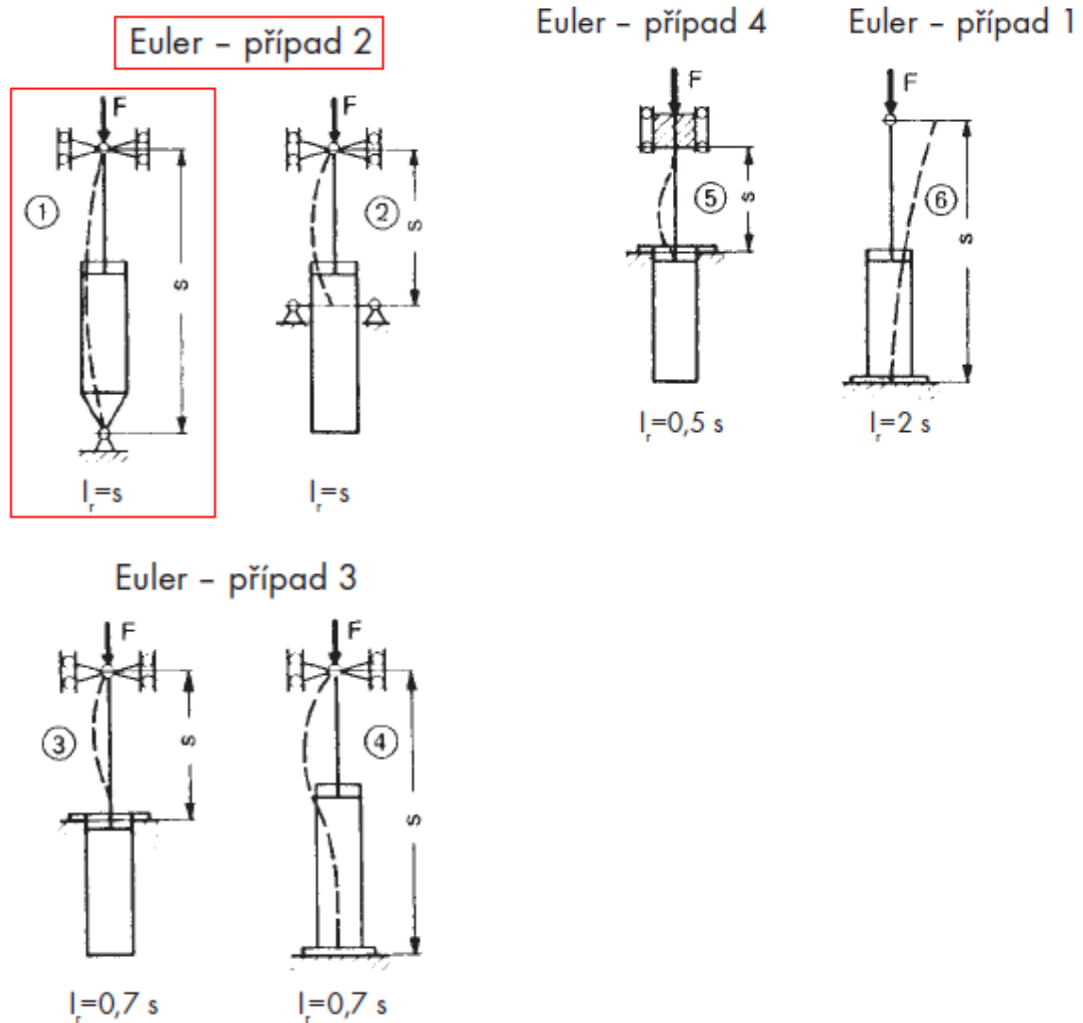
ØD	Ød	ØD1	Ød1	L	L0	L1	L2	L3 ±1	L4 ±1	M	A	B	C	E	K	R	Maximální doporučené zdvihy dle zvol. Ø d	Hmotnost při zdvihu Z (kg)
110	63	130	45	345	185	95	65	67	57	27x2	78	38	87	32	30	60	1100	23,90 + Z x 0,05406

Obrázek 4.6 Základní rozměry zvoleného PČH [7]

Zdvih PČH a kontrola dovolené síly na daný průměr pístní tyče [7]

Volím zdvih  $Z = 600 \text{ [mm]}$ . Protože by bylo cenově o mnoho nákladnější volit délku pístní tyče v plné délce štípaného polena, stačí nadpoloviční délka štípaného polena. Nutno kontrolovat maximální možný zdvih z hlediska vzpěrné pevnosti dle Eulera.

Volím Eulerův případ 2 variantu 1, protože se nejvíce podobá uložení PČH, které jsem použil. Pro výpočet  $l_r$  je nepřijatelné zatěžovat pístní tyč radiální silou. Pro provoz PČH při jmenovitých hodnotách provozních parametrů je výrobcem stanovena míra bezpečnosti koeficientem  $k_v = 2 [1]$ .



Obrázek 4.7 Určení Eulerova případu [7]

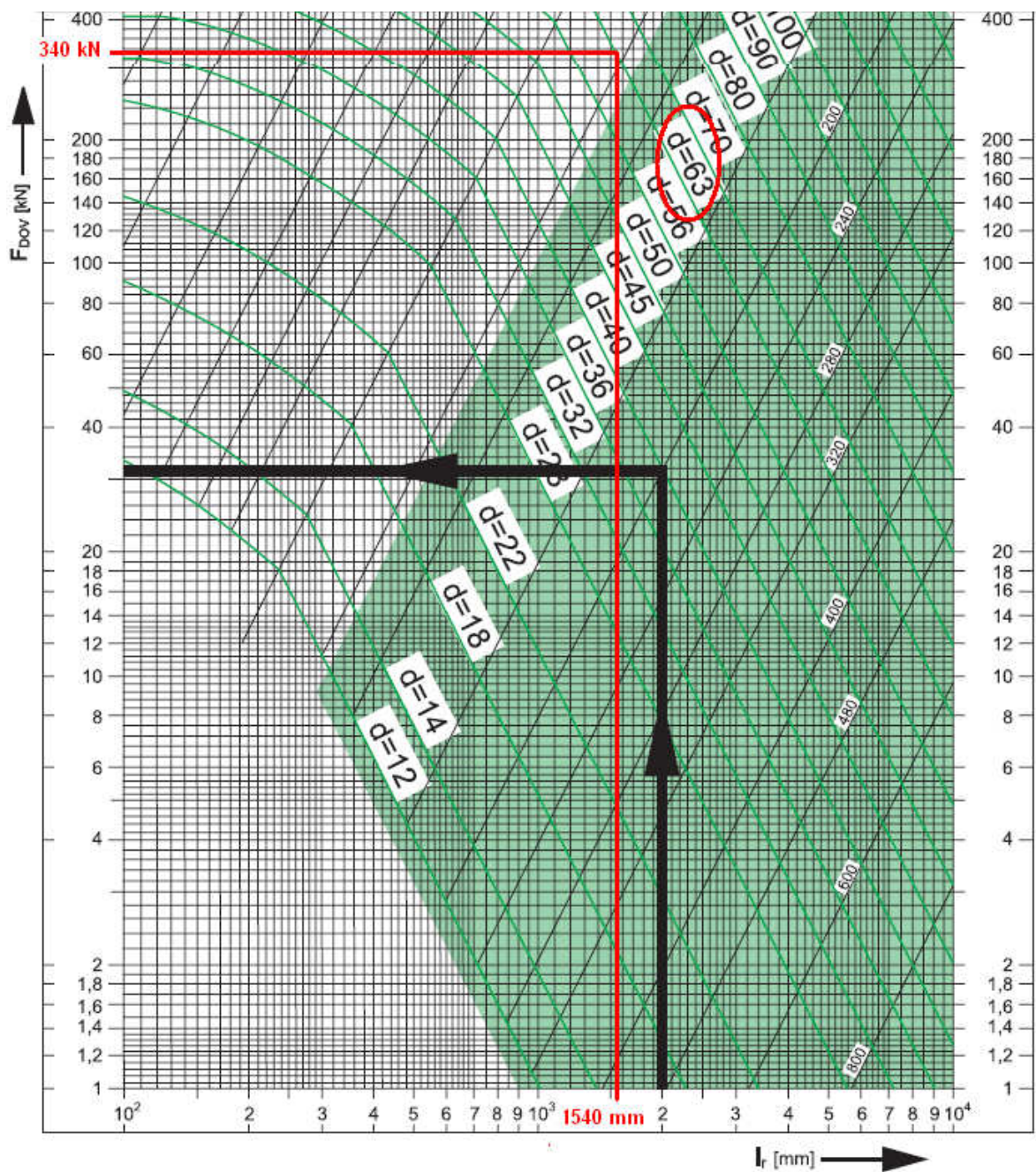
$$s = L_0 + Z + L_1 + L_2 + Z \quad (4.3)$$

$$s = 185 + 600 + 90 + 65 + 600$$

$$s = 1540 \text{ [mm]}$$

$$s = l_r$$

kde: $s$	celková délka PČH i s vysunutím	[mm]
$l_r$	redukovaná délka	[mm]
$L_0$	délka těla válce (viz Obrázek 4.6)	[mm]
$L_1$	délka ukončení pístní tyče (viz Obrázek 4.10)	[mm]
$L_2$	délka oka pláště (viz Obrázek 4.11)	[mm]
$F_{dov}$	dovolené zatížení pro daný průměr	[kN]



Obrázek 4.8 Graf vzpěrné pevnosti dle Eulera [7]

Eulerova podmínka:

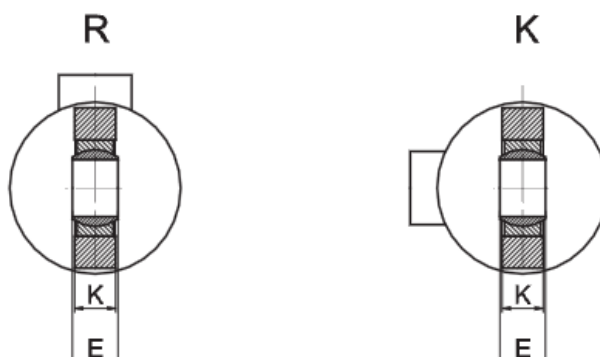
$$F_{dov} \geq F_{max} \quad (4.4)$$

$$340 \geq 150 \text{ [kN]} \Rightarrow \text{Vyhovuje podmínke.}$$



Poloha vstupů tlaku vůči navařenému oku na plášti válce

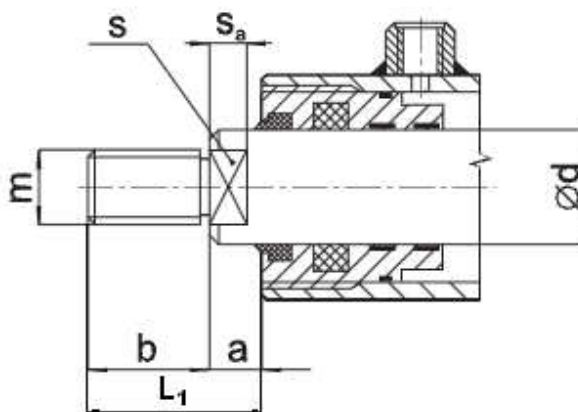
Volím **polohu typu K**, přívodní šroubení je kolmo k rovině kývání. Hydraulické hadice se nemohou v této poloze zaseknout mezi PČH a rámem.



Obrázek 4.9 Situace přívodního šroubení k rovině kývání [7]

Ukončení pístní tyče

Volím ukončení **vnějším závitem (provedení 3)**. Pro průměr pístní tyče  $d = 63$  [mm] odpovídá velikost **závitu M42 x 2**. Ukončení vnějším závitem volím pro pevné a nehybné spojení pístní tyče s klínem, tím dosáhnu menšího vzpěrného namáhání pístní tyče.



vnější závit

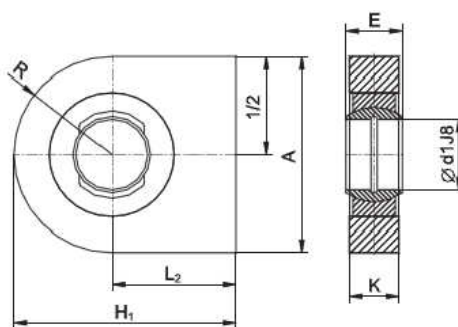
provedení 3

$\varnothing d$	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	55	63	70	80	90	100	110
m	16x1,5	16x1,5	16x1,5	18x1,5	20x1,5	24x1,5	24x1,5	27x2	27x2	30x2	36x2	42x2	42x2	60x2	68x2	75x2	75x2
a	12	12	12	15	17	17	20	20	20	25	25	30	30	35	40	40	45
b	20	20	20	30	30	34	40	40	40	45	50	60	60	70	70	70	70
s	16	18	19	22	24	30	32	36	41	46	50	60	65	70	80	90	100
s_a	8	8	8	10	12	12	15	15	15	18	18	20	20	25	30	35	35

Obrázek 4.10 Ukončení pístní tyče [7]

Označení oka pláště válce

Volím **návarové oko typ 2** s označením **213**. Návarové oko volím z důvodu kyvného spojení hydromotoru s rámem pomocí čepu. Je to výhodnější z hlediska zabezpečení PČH. Pokud bychom při štípání narazili na nějaký pevnější suk a PČH by byl spojen pevně s rámem např. pomocí příruby, mohla by mít pístní tyč tendenci k průhybu. Proto je lepší varianta s návarovým okem, která zamezí poškození pístní tyče a několikasícovou škodu.



Označení	Ød <sub>1</sub>	A	E	K	K <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	R	Ød <sub>2</sub>
213	45	120	32	30		65	125	60	68

Obrázek 4.11 Rozměry zvoleného typu návarového oka [7]

Objednací kód přímočarého hydromotoru

ZH1	-	110/63	600	-	K	3	-	0	-	213
-----	---	--------	-----	---	---	---	---	---	---	-----



ZH1, ZH1-A, ZH1-AS  
ZH1-B, ZH1-BS  
ZH1-C, ZH1-CS  
ZH1-D, ZH1-DS  
ZH2, ZH2-A, ZH2-AS  
ZH2-B, ZH2-BS  
ZH2-C, ZH2-CS  
ZH2-D, ZH2-DS  
ZH2T, ZH2T-A, ZH2T-AS  
ZH2T-B, ZH2T-BS  
ZH2T-C, ZH2T-CS  
ZH2T-D, ZH2T-DS  
ZH2RT, ZH2RT-A, ZH2RT-AS  
ZH2RT-B, ZH2RT-BS  
ZH2RT-C, ZH2RT-CS  
ZH2RT-D, ZH2RT-DS

**Označení oka pláště válce**  
 - (v případě, že nevyužijete žádné oko z našeho katalogu doplňte do kódu 0)

**Označení oka pístní tyče**  
 - (v případě, že nevyužijete žádné oko z našeho katalogu doplňte do kódu 0) -

**Ukončení pístní tyče** - (pro samostatné provedení bez oka tyče platí zvýrazněné rozměry. V případě, že nevyužijete žádné ukončení tyče z našeho katalogu, doplňte do kódu 0)

**Poloha vstupů tlaku vůči navařenému oku na plášti válce** (platí pouze pro ZH1, ZH2, ZH2T, ZH2RT) - dle zde uvedených nákrešů.
 

**Zdvih** - dle Vašeho konkrétního požadavku - nutno kontrolovat maximální možný zdvih z hlediska vzpěrné pevnosti - zde Vám může napomoci graf vzpěrné pevnosti dle Eulera

ØD	Ød	ØD <sub>1</sub>	Ød <sub>1</sub>	L
25	14	35	12	142
25	12	35	12	142

ØD	Ød	ØD <sub>1</sub>	Ød <sub>1</sub>	L
25	14	35	12	142
25	12	35	12	142

Obrázek 4.12 Objednací kód [7]

## 4.2 NÁVRH HYDRAULICKÉHO AGREGÁTU

Hydraulický agregát je zdrojem tlakové energie. Skládá se z rámu, na které je umístěna nádrž, elektromotor, hydrogenerátor a další rozváděcí a řídicí prvky. [1]

### 4.2.1 Výpočet základních veličin pro návrh hydraulického agregátu

#### Zadané hodnoty

Pracovní (štípací) rychlost  $v_{pr} = 2 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] = 0,033 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$

V zadání je uvedená hodnota štípací rychlosti  $v_{pr} = 2 \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$ , ale po dohodě s vedoucím diplomové práce jsme upravili tuto rychlost na  $2 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ .

#### Výpočet průtoku pracovní kapaliny

$$Q_v = S_1 \cdot v_{pr} \cdot \frac{1}{\eta_{QHM}} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot v_{pr} \cdot \frac{1}{\eta_{QHM}} \quad (4.5)$$

$$Q_v = \frac{\pi \cdot 0,11^2}{4} \cdot 0,033 \cdot \frac{1}{0,96}$$

$$Q_v = 3,2668 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] = 19,6 \text{ [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$$

kde:  $Q_v$  objemový průtok  $[\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$

$\eta_{QHM}$  průtoková účinnost hydromotoru; volím  $\eta_{QHM} = 0,96$  [1]

#### Výpočet geometrického objemu hydrogenerátoru

$$V_g = \frac{Q_v}{n_m} \cdot \frac{1}{\eta_{QHG}} \quad (4.6)$$

$$V_g = \frac{3,2668 \cdot 10^{-4}}{24,25} \cdot \frac{1}{0,93}$$

$$V_g = 1,448 \cdot 10^{-5} \text{ [m}^3 \cdot \text{ot}^{-1}] = 14,48 \text{ [cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}]$$

kde:  $V_g$  geometrický objemu hydrogenerátoru  $[\text{cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}]$

$\eta_{QHG}$  průtoková účinnost hydrogenerátoru; volím  $\eta_{QHG} = 0,93$  [1]

$n_m$  otáčky elektromotoru; volím  $n_m = 1455 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}] = 24,25 \text{ [ot} \cdot \text{s}^{-1}]$ , viz kapitola 4.2.3

Výpočet skutečného průtoku pracovní kapaliny

$$Q_{vskut} = V_{gkat} \cdot n_m \cdot \eta_{QHG} \quad (4.7)$$

$$Q_{vskut} = 1,4 \cdot 10^{-5} \cdot 24,25 \cdot 0,93$$

$$Q_{vskut} = 3,157 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] = 18,94 [\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$$

kde:  $Q_{vskut}$  skutečný objemový průtok  $[\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$

$V_{gkat}$  katalogový geometrický objem hydrogenerátoru;

volím  $V_{gkat} = 14 [\text{cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}]$ , viz kapitola 4.2.3

Výpočet skutečných rychlostí pístní tyče přímočarého hydromotoru

$$v_{prskut} = \frac{Q_{vskut}}{S_1} = \frac{Q_{vskut}}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad (4.8)$$

$$v_{prskut} = \frac{3,157 \cdot 10^{-4}}{\frac{\pi \cdot 0,11^2}{4}}$$

$$v_{prskut} = 0,0332 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] = 1,99 [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

Odchylka od zadané pracovní rychlosti je 0,5 %.

$$S_1 \cdot v_{prskut} = S_2 \cdot v_{zpskut} \quad (4.9)$$

$$v_{zpskut} = \frac{S_1}{S_2} \cdot v_{prskut} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}} \cdot v_{prskut} = \frac{D^2}{(D^2 - d^2)} \cdot v_{prskut} \quad (4.10)$$

$$v_{zpskut} = \frac{0,11^2}{(0,11^2 - 0,063^2)} \cdot 0,0332$$

$$v_{zpskut} = 0,0491 [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] = 2,95 [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

kde:  $v_{prskut}$  skutečná pracovní rychlost pístu  $[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$

$v_{zpskut}$  skutečná zpáteční rychlost pístu  $[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$

Z rovnice (4.10) plyne, že zpětná rychlost závisí na průměru pístní tyče  $d$ . Čím větší průměr, tím větší rychlost. Z tohoto důvodu a kvůli zrychlení štípacího procesu jsem volil průměr pístní tyče vyšší řady.

Výpočet příkonu soustavy

$$P_m = Q_{vskut} \cdot p \cdot \frac{1}{\eta_c} \quad (4.11)$$

$$P_m = 3,157 \cdot 10^{-4} \cdot 16 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{0,9}$$

$$P_m = 5613 \text{ [W]}$$

kde:  $P_m$       příkon soustavy      [W]

$\eta_c$       celková účinnost; volím  $\eta_c = 0,9$  [1]

Volím elektromotor se jmenovitým výkonem  $P_{NS1} = 5,5 \text{ [kW]}$  (viz kapitola 4.2.3). Vypočtený výkon vyšel sice o 0,113 [kW] větší než navrhovaný, ale motor lze na krátkou dobu přetěžovat jak je patrné z normy ČSN EN 60034 – 1. V další části zkontroluji motor z hlediska dovoleného oteplení a s ohledem na mechanickou přetížitelnost.

Volba druhu zatížení elektromotoru: [10]

Volím druh zatížení S6 – přerušované zatížení. Zatížením S6 máme na mysli sled stejných pracovních cyklů, z nichž každý zahrnuje dobu provozu při konstantním zatížení  $\Delta t_p$  a dobu chodu naprázdno -  $\Delta t_v$  (není zde doba klidu a odpojení).

Motor je chlazen při chodu naprázdno pomocí ventilátoru, který je umístěn přímo na hřídeli rotoru. Tímto docílíme jeho rychlejšího ochlazení.

Výpočet časů jednotlivých cyklů: [10]

$$\Delta t_p = \frac{Z}{v_{prskut}} \quad (4.12)$$

$$\Delta t_p = \frac{0,6}{0,0332}$$

$$\Delta t_p = 18,07 \text{ [s]}$$

kde:  $\Delta t_p$       doba vysunutí pístní tyče      [s]

$$\Delta t_v = \Delta t_{zp} + \Delta t_{vp} \quad (4.13)$$

$$\Delta t_{zp} = \frac{Z}{v_{zpskut}} \quad (4.14)$$

$$\Delta t_{zp} = \frac{0,6}{0,0491}$$

$$\Delta t_{zp} = 12,22 \text{ [s]}$$

$$\Delta t_{dvp} = 30 \text{ [s]}$$

$$\Delta t_v = 12,22 + 30$$

$$\Delta t_v = 42,22 \text{ [s]}$$

kde:  $\Delta t_v$  doba chodu naprázdno [s]

$\Delta t_{zp}$  doba zasunutí pístní tyče [s]

$\Delta t_{dvp}$  doba výměny polena; volím  $\Delta t_{dvp} = 30 \text{ [s]}$

$$T_C = \Delta t_p + \Delta t_v \quad (4.15)$$

$$T_C = 18,07 + 42,22$$

$$T_C = 60,29 \text{ [s]}$$

kde:  $T_C$  celková doba štípacího cyklu [s]

Mezní výkony z hlediska dovoleného oteplení: [10]

$$P_m \leq P_{S6} \quad (4.16)$$

$$P_{S6} = P_{NS1} \cdot \sqrt{\frac{1}{z}} \quad (4.17)$$

$$z = \frac{\Delta t_p}{T_C} \quad (4.18)$$

$$z = \frac{18,07}{60,29}$$

$$z = 0,2997 \text{ [1]}$$

$$P_{S6} = 5,5 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,2997}}$$

$$P_{S6} = 10,047 \text{ [kW]}$$

$$5,613 \leq 10,047 \text{ [kW]} \Rightarrow \text{Vyhovuje podmínice.}$$

kde:  $P_{S6}$  mezní výkony z hlediska dovoleného oteplení [kW]

$z$  poměrný zatěžovatel [1]

Kontrola motoru s ohledem na mechanické přetížení: [10]

$$P_m \leq P_{max} \quad (4.19)$$

$$P_{max} = \frac{M_{max}}{M_n} \cdot \frac{P_{NS1}}{1,8} \cdot \eta_{sp} \quad (4.20)$$

$$P_{max} = 3,1 \cdot \frac{5,5}{1,8} \cdot 0,9$$

$$5,613 \leq 8,525 \text{ [kW]} \Rightarrow \text{Vyhovuje podmínice.}$$

kde:  $P_{max}$  mezní výkony z hlediska mechanické přetížení [kW]

$\frac{M_{max}}{M_n}$  poměrný moment zvratu [1]

$\eta_{sp}$  tolerance štítkových parametrů 10% [1]

Výpočet objemu nádrže [1]

$$V_N = (0,24 \div 0,3) \cdot \sum Q_{vg} + \sum V_M \quad (4.21)$$

$$V_N = 0,3 \cdot Q_{vskut} + \sum V_M \quad (4.22)$$

$$V_N = 0,3 \cdot 18,94 + 6,1$$

$$V_N = 11,78 \text{ [dm}^3\text{]}$$

kde:  $\sum Q_{vg}$  součet průtoku hydrogenerátoru [dm<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>]

$\sum V_M$  součet pracovních objemů [dm<sup>3</sup>]

$V_N$  užitečný objem nádrže [dm<sup>3</sup>]

$$\sum V_M = V_H + V_P \quad (4.23)$$

$$\sum V_M = 4,021 \cdot 10^{-4} + 5,7 \cdot 10^{-3}$$

$$\sum V_M = 6,1021 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]} = 6,1 \text{ [dm}^3\text{]}$$

kde:  $V_H$  pracovní objem hadic [dm<sup>3</sup>]

$V_P$  pracovní objem PČH [dm<sup>3</sup>]

$$V_H = \frac{\pi d_{vh}^2}{4} \cdot l_{hc} \quad (4.24)$$

$$V_H = \frac{\pi \cdot 0,008^2}{4} \cdot 8$$

$$V_H = 4,021 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] = 0,4 [\text{dm}^3]$$

kde:  $d_{vh}$  vnitřní průměr hadic; volím  $d_{vh} = 8 [\text{mm}]$ , viz kapitola 4.2.3

$l_{hc}$  celková délka hadic; volím  $l_{hc} = 8 [\text{m}]$

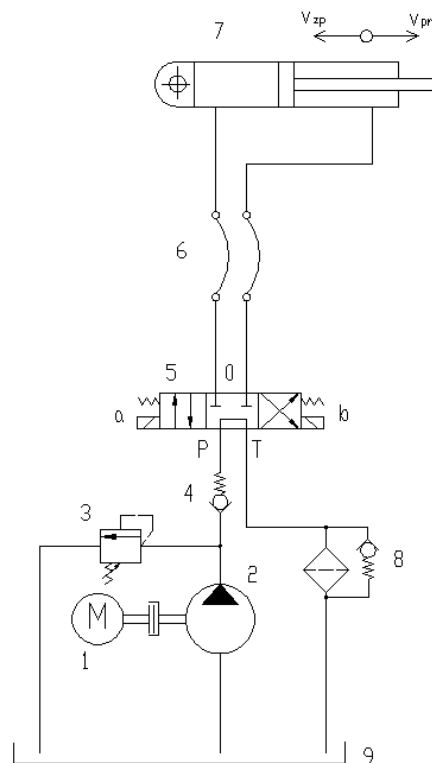
$$V_P = \frac{\pi D^2}{4} \cdot Z \quad (4.25)$$

$$V_P = \frac{\pi \cdot 0,11^2}{4} \cdot 0,6$$

$$V_P = 5,7 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] = 5,7 [\text{dm}^3]$$

#### 4.2.2 Návrh hydraulického obvodu

Je velmi důležité schematicky navrhnout hydraulický obvod, abychom mohli správně specifikovat jednotlivé použité komponenty v hydraulickém agregátu. Popis prvků navrženého hydraulického obvodu viz kapitola 4.2.3.



Obrázek 4.13 Hydraulický obvod štípacího zařízení



#### 4.2.3 Prvky použité v hydraulickém obvodu a jejich specifikace

##### 1 Elektromotor

Je zdrojem elektrické energie a hnacím motorem hydrogenerátoru.

Volím elektromotor **1LA7 130 – 4AA11** od firmy Siemens. [9]

##### Technické údaje:

Jmenovitý výkon:  $P_{NS1} = 5,5 \text{ [kW]}$

Otáčky:  $n_m = 1455 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$

Poměrný moment zvratu:  $\frac{M_{max}}{M_n} = 3,1 \text{ [1]}$

Momentová třída: KL 16

Hmotnost:  $m = 42,5 \text{ [kg]}$

##### 2 Hydrogenerátor

Je zdrojem tlakové energie, odebírá pracovní kapalinu z nádrže a dodává ji do obvodu.[1]

Volím zubový hydrogenerátor s vnějším ozubením **AZPF – 12 – 014LQR20BB** od firmy Bosch Rexroth. [6]

##### Technické údaje:

Geometrický objem:  $V_{gkat} = 14 \text{ [cm}^3 \cdot \text{ot}^{-1}\text{]}$

Objemový průtok:  $Q_{vkat} = 20,4 \text{ [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$  při otáčkách  $n_m = 1455 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$

Maximální stálý tlak:  $p_{max} = 250 \text{ [bar]}$

##### 3 Pojistný ventil

Chrání obvod před nadměrným zvýšením tlaku, nastavuje se na pojistný tlak. [1]

Volím pojistný ventil v provedení sendvič deska, přímo ovládaný **ZDBY 6** od firmy Bosch Rexroth. [6]

##### Technické údaje:

Maximální tlak:  $p_{max} = 315 \text{ [bar]}$

Maximální průtok:  $Q_{vmax} = 60 \text{ [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$

#### **4 Jednosměrný ventil**

Chrání hydrogenerátor před nepříznivým působením tlakových rázů, vznikajících ze strany hydromotoru od štípání. [1]

Volím jednosměrný ventil **M – SR 8 KE00 – 1X/** od firmy Bosch Rexroth. [6]

##### **Technické údaje:**

Maximální tlak:  $p_{max} = 315$  [bar]

Maximální průtok:  $Q_{vmax} = 35$  [dm<sup>3</sup> · min<sup>-1</sup>]

#### **5 Rozváděč**

Řídí směr pohybu přímočarého hydromotoru.

Rozváděč má 3 polohy:

- pohyb pístu ve směru  $v_{pr}$  při poloze  $a$ ,
- pohyb pístu ve směru  $v_{zp}$  při poloze  $b$ ,
- zastavení pístu při poloze 0. [1]

Volím čtyřcestný, třípolohový rozváděč **L5110A2010C0100** od firmy Bosch Rexroth, který je ovládaný elektricky a centrovaný pružinami do své základní polohy, která umožňuje v základní poloze průtok kapaliny do odpadové větve T. [6]

#### **6 Hadice**

Pomocí hadic se dopravuje pracovní kapalina z hydraulického agregátu do přímočarého hydromotoru. [1]

Volím hadice od firmy CHARVÁT **SEMPERIT DIN EN 853 2SN – DN 8**. [11]

##### **Technické údaje:**

Pracovní tlak:  $p = 350$  [bar]

Vnitřní průměr:  $d_{vh} = 8$  [mm]

Délka hadic  $l_{hc} = 8$  [m]

#### **7 Přímocharý hydromotor**

Viz kapitola 4.1.

## 8 Filtr s obtokem

Obtok zajišťuje ochranu filtrační vložky proti přetržení při jejím zanesení nečistotami. [1]

Volím filtr s obtokem **10 FREN 0160 – H3XL – A00 – 07V2,2 – 00M00** od firmy Bosch Rexroth. [6]

### Technické údaje:

Maximální průtok:  $Q_{vmax} = 94 \text{ [dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$

Hodnocení filtrace:  $3 \text{ [}\mu\text{m]}$

## 9 Nádrž

Shromažďuje veškerou pracovní kapalinu v hydraulickém obvodu. [1]

Nádrž tvoří kostru hydraulického agregátu a jsou na ni namontovány všechny ostatní prvky. Volím objem nádrže  $V_N = 20 \text{ [dm}^3\text{]}$ .

### Ovládací skříň štípacího stroje



Obrázek 4.14 Ovládací skříň štípacího stroje

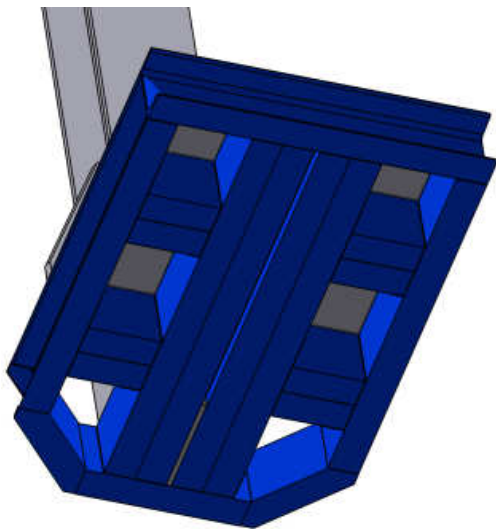
### 4.3 KONSTRUKČNÍ NÁVRH RÁMU A KONTROLA POMOCÍ MKP

#### 4.3.1 Technický popis rámu

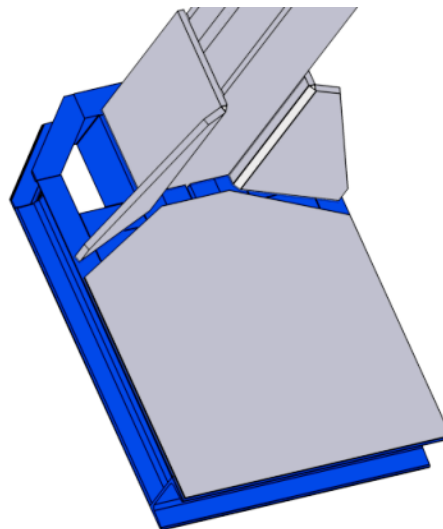
Rám štípacího zařízení je nosnou konstrukcí a spojuje všechny prvky stroje dohromady. Na rámu se uskutečňuje samotné štípání.

Rám je sestaven ze tří hlavních částí – podstavec, stojan a závěs hydromotoru. Dále je vybaven vyztužovacími součástmi, které zvyšují jeho tuhost. Výška samotného rámu je 2 395 [mm]. Tento rozměr je dán zadanou maximální výškou štípaného polena, která je 1050 [mm], délkou PČH v zasunutém stavu, výškou klínu a dalšími rozměry, které si konstrukce vyžaduje. Hmotnost samotného rámu je 275 [kg]. Pro celou konstrukci rámu jsem použil materiál 11 523.0.

Podstavec zajišťuje stabilitu štípačky. Pokládají se na něj polena ve svislé poloze a následně se na něm štípají. Je vystaven tlakové síle, kterou vyvozuje PČH pomocí klínu na poleno, a proto musí být jeho konstrukce dostatečně tuhá a pevná. Tvoří ji profily U 120 ČSN 42 5570, které jsou k sobě svařeny. Na vrchní straně podstavce je přivařený plech pro lepší stabilitu a manipulaci s polenem. Hlavní rozměry podstavce se odvíjí od maximálního zadaného průměru polena, který je 600 [mm].

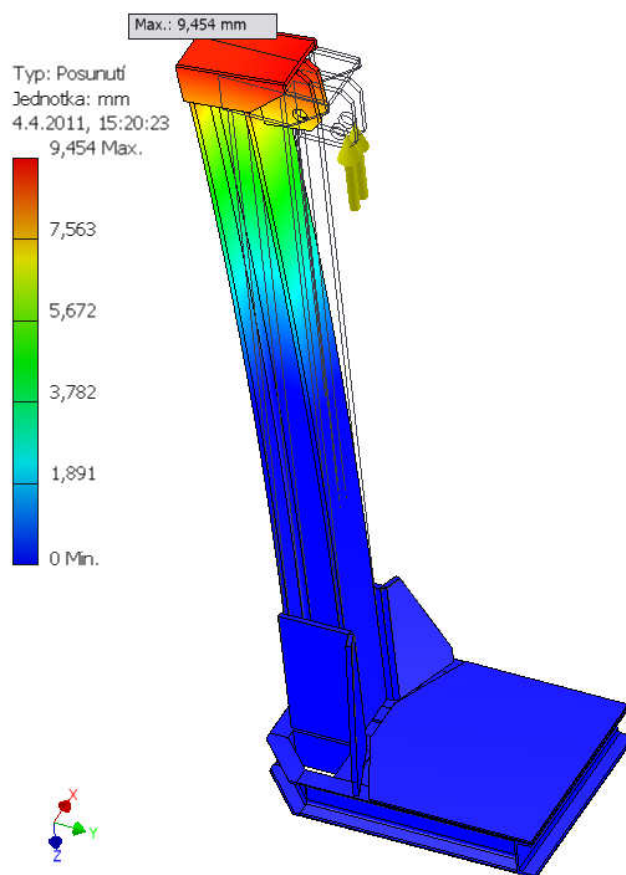


Obrázek 4.15 Podstavec zespod

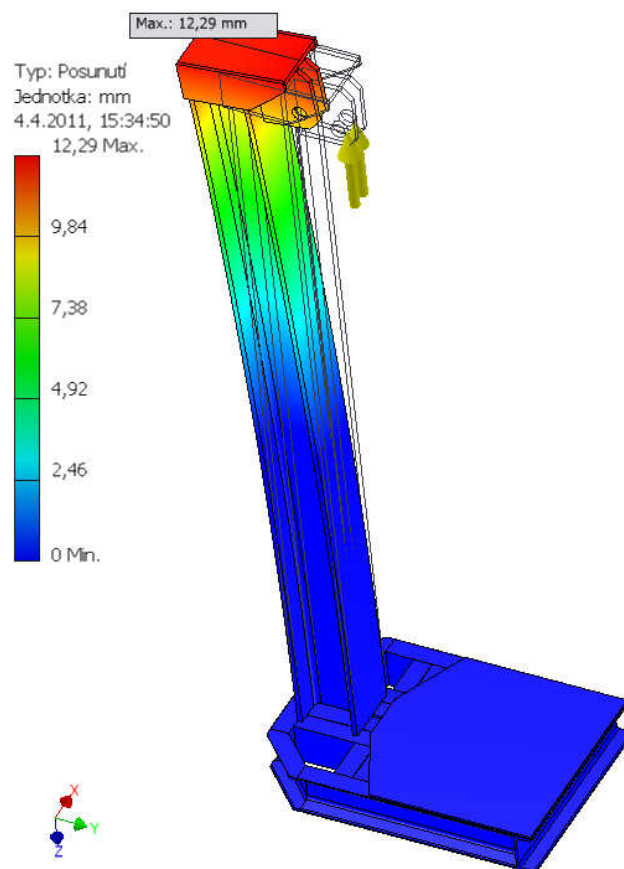


Obrázek 4.16 Podstavec shora

Stojan plní funkci vedení klínu a spojuje podstavec se závěsem hydromotoru. Použil jsem na něj profil HEB 180 DIN 1025. Je svařen s podstavcem a ve spodní části vyztužen dvěma podpěrami (viz Obrázek 4.16), které zabraňují většímu průhybu stojanu, což je patrné z MKP (viz Obrázek 4.17 a Obrázek 4.18). V horní části stojanu se nachází závěs hydromotoru.

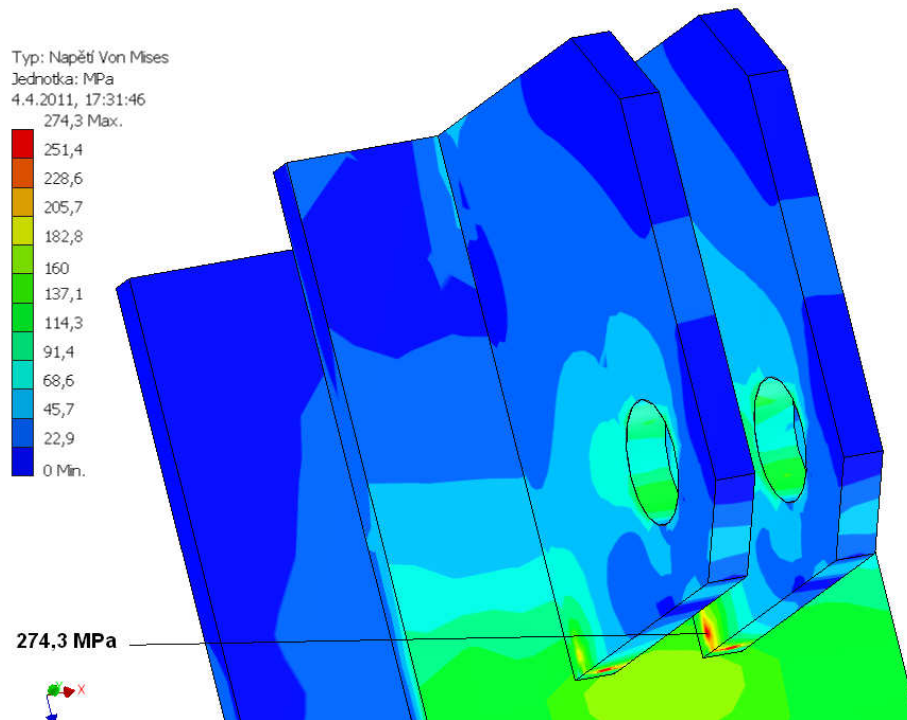


Obrázek 4.17 Maximální posunutí stojanu s podpěrami

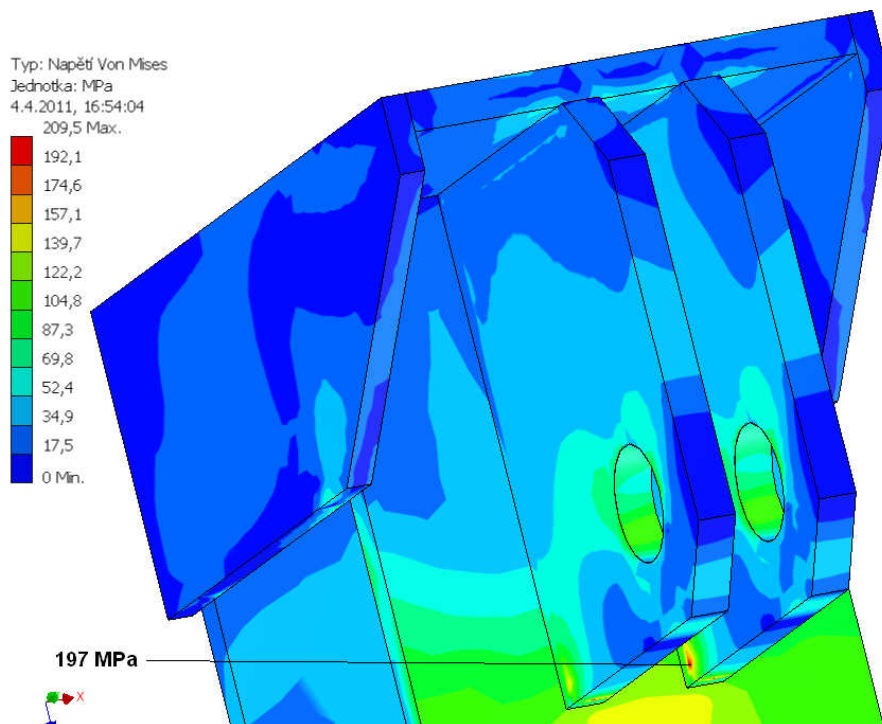


Obrázek 4.18 Maximální posunutí stojanu bez podpěr

Na závěs se upevňuje hydromotor pomocí čepu se závlačkou. Skládá se ze dvou 15 [mm] tlustých plechů, ve kterých se nachází otvor pro čep. Otvor je umístěn co nejbližší k stojanu rámu, z důvodu působení menšího ohybového momentu na svar. Nacházejí se zde i boční a horní výztuhy, které snižují maximální napětí (viz Obrázek 4.19 a Obrázek 4.20).



Obrázek 4.19 Nejvyšší napětí na závěsu bez výztuží



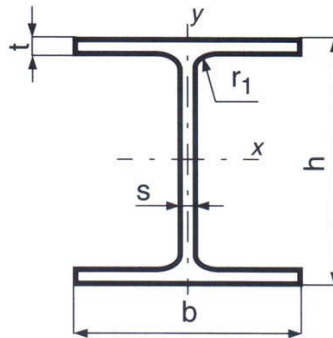
Obrázek 4.20 Nejvyšší napětí na závěsu s výztužemi



### 4.3.2 Pevnostní kontrola důležitých uzlů rámu

#### Kontrola pevnosti stojanu rámu

Stojan je namáhán ohybem a tahem. Na stojan jsem použil profil HEB 180 z materiálu 11 523.0. Profil HEB jsem použil pro jeho výhodný tvar vnitřních stěn, které jsou rovné a nemají zkosení jako u tyče průřezu I. Je výhodnější z hlediska jednoduššího tvarového spojení vedení klínu se stojanem a jeho výroby.



Obrázek 4.21 Průřez stojanu HEB 180 DIN 1025-2 [5]

Tabulka 4.1 Vlastnost oceli [2]

Ocel	$R_m$ [MPa]	$R_{e\ min}$ [MPa]	$p_d$ [MPa]	Vlastnosti
11 523.0	520 ÷ 628	333	120	Konstrukční ocel, tavná svařitelnost do 25 [mm] zaručená

Dovolené napětí:

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k_S} \quad (4.26)$$

$$\sigma_D = \frac{333}{2}$$

$$\sigma_D = 166,5 \text{ [MPa]}$$

kde:  $\sigma_D$  dovolené napětí [MPa]

$R_e$  mez kluzu; volím  $R_e = 333 \text{ [MPa]}$  - viz tabulka 4.1

$k_S$  statická bezpečnost; volím  $k_S = 2 \text{ [1]}$

Ohybové napětí:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_{oHEB}} = \frac{F_{max} \cdot L}{W_{oHEB}} \quad (4.27)$$

$$\sigma_o = \frac{150 \cdot 10^3 \cdot 117,5}{426 \cdot 10^3}$$

$$\sigma_o = 41,4 \text{ [MPa]}$$

kde:  $\sigma_o$  ohybové napětí [MPa]

$M_o$  ohybový moment [MPa]

$W_{oHEB}$  modul průřezu v ohybu; volím dle [5]  $W_{oHEB} = 426 \cdot 10^3 \text{ [mm}^3\text{]}$

Tahové napětí:

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{S_{HEB}} \quad (4.28)$$

$$\sigma_t = \frac{150 \cdot 10^3}{6530}$$

$$\sigma_t = 23 \text{ [MPa]}$$

kde:  $\sigma_t$  tahové napětí [MPa]

$S_{HEB}$  plocha průřezu stojanu; volím dle [5]  $S_{HEB} = 6530 \text{ [mm}^2\text{]}$

Celkové napětí:

$$\sigma_c = \sigma_t + \sigma_o \quad (4.29)$$

$$\sigma_c = 23 + 41,4$$

$$\sigma_c = 64,4 \text{ [MPa]}$$

kde:  $\sigma_c$  celkové napětí [MPa]

Podmínka kontroly pevnosti průřezu nosníku:

$$\sigma_D \geq \sigma_c \quad (4.30)$$

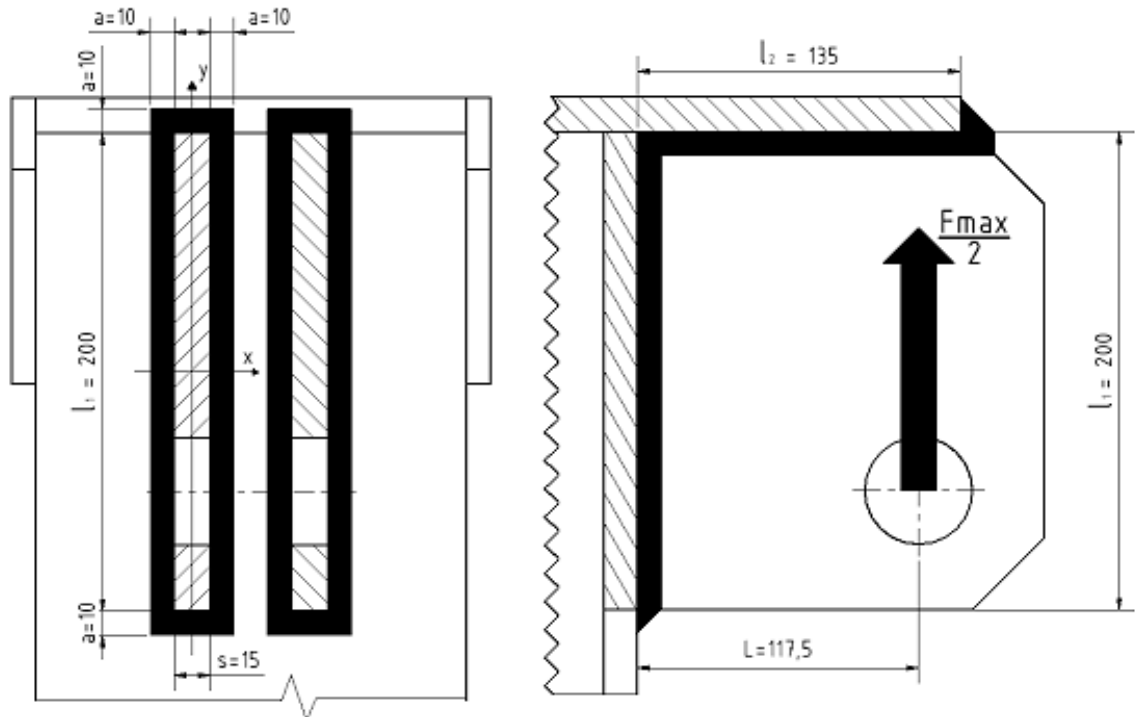
$$166,5 \geq 64,4 \text{ [MPa]} \Rightarrow \text{Vyhovuje podmínce.}$$

**Kontrola koutového svaru mezi závěsem PHM a stojanem**

Kontrolovaný koutový svar spojuje závěs PHM se stojanem a je pojištěn horní deskou, která je rovněž svařena se závěsem a stojanem. Materiál závěsu je vhodně volen jako u stojanu 11 523.0 (vlastnosti – viz tabulka 4.1). Velikost svaru jsem volil  $a = 10 \text{ [mm]}$ .

Napětí ve svaru jsou vyvozena maximální štípací silou  $F_{max}$ , která se rovnoměrně dělí mezi dva závěsy. Svary rovnoběžné s působící silou jsou namáhány smykovým napětím od ohybového momentu  $\tau_{\perp 1}$  a smykovým napětím od posouvající síly  $\tau_{\parallel 3}$ . Svary kolmé na

působící sílu jsou namáhány tlakovým napětím  $\tau_{\perp 2}$ . U všech svarů volím minimální bezpečnost  $k_{Smin} = 2$  [1].



Obrázek 4.22 Schéma a rozměry koutového svaru

Účinek od ohybového momentu: [3]

$$\tau_{\perp 1} = \frac{M_o}{W_{oSVx}} = \frac{\frac{F_{max}}{2} \cdot L}{\frac{J_{SVx}}{\frac{l_1}{2} + a}} = \frac{\frac{F_{max}}{2} \cdot L}{\frac{\frac{1}{12} [(s + 2a)(l_1 + 2a)^3 - s \cdot l_1^3]}{\frac{l_1}{2} + a}} \quad (4.31)$$

$$\tau_{\perp 1} = \frac{\frac{150 \cdot 10^3}{2} \cdot 117,5}{\frac{\frac{1}{12} [(15 + 2 \cdot 10)(200 + 2 \cdot 10)^3 - 15 \cdot 200^3]}{\frac{200}{2} + 10}}$$

$$\tau_{\perp 1} = 46,04 \text{ [MPa]}$$

kde:  $\tau_{\perp 1}$  smykové napětí od ohybového momentu [MPa]

$W_{oSVx}$  modul průřezu v ohybu svaru [mm<sup>3</sup>]

$J_{SVx}$  kvadratický moment průřezu svaru [mm<sup>4</sup>]

$a$  nosný průřez svaru; volím  $a = 10$  [mm]

Účinek od tlakové síly:

$$\tau_{\perp 2} = \frac{\frac{F_{max}}{2}}{S_{SV}} = \frac{\frac{F_{max}}{2}}{2l_2 \cdot a} = \frac{F_{max}}{4l_2 \cdot a} \quad (4.32)$$

$$\tau_{\perp 2} = \frac{150 \cdot 10^3}{4 \cdot 135 \cdot 10}$$

$$\tau_{\perp 2} = \mathbf{27,78 \text{ [MPa]}}$$

kde:  $\tau_{\perp 2}$  smykové napětí od tlakové síly [MPa]

$S_{SV}$  plocha průřezu svaru [mm<sup>2</sup>]

Účinek od posouvající síly:

$$\tau_{\parallel 3} = \frac{\frac{F_{max}}{2}}{S_{SV}} \approx \frac{\frac{F_{max}}{2}}{2a(l_1 + 2a)} \quad (4.33)$$

$$\tau_{\parallel 3} = \frac{\frac{150 \cdot 10^3}{2}}{2 \cdot 10(200 + 2 \cdot 10)}$$

$$\tau_{\parallel 3} = \mathbf{17,05 \text{ [MPa]}}$$

kde:  $\tau_{\parallel 3}$  smykové napětí od posouvající síly [MPa]

Výsledné napětí ve svaru:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp 1} + \tau_{\perp 2}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel 3}}{k_4}\right)^2} \leq \beta \cdot \frac{R_e}{k_s} \quad (4.34)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{46,04 + 27,78}{0,7}\right)^2 + \left(\frac{17,05}{0,58}\right)^2}$$

$$\sigma_{red} = \mathbf{109,5 \text{ [MPa]}}$$

kde:  $\sigma_{red}$  redukované napětí ve svaru [MPa]

$\beta$  součinitel tloušťky koutového svaru [1]

$z_s$  rozměr pro měření velikosti svaru [mm]

$k_3$  převodní součinitel koutového čelního svaru; volím dle [4]  $k_3 = 0,7$  [1]

$k_4$  převodní součinitel koutového bočního svaru; volím dle [4]  $k_4 = 0,58$  [1]

Výsledná bezpečnost svaru:

$$z_s = 1,41a = 1,41 \cdot 10 = 14,1 \text{ [mm]} \quad (4.35)$$

$$\text{Pro } z_s \geq 10 \text{ [mm]} \Rightarrow \beta = 1 \text{ [1]}$$

$$k_s = \beta \frac{R_e}{\sigma_{red}} \quad (4.36)$$

$$k_s = 1 \cdot \frac{333}{109,5}$$

$$k_s = 3,04 \text{ [1]}$$

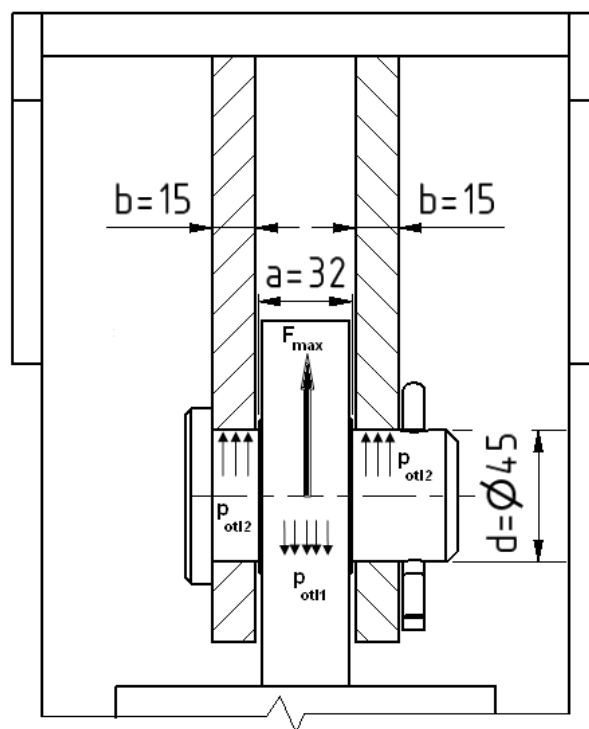
Podmínka kontroly bezpečnosti svaru:

$$k_s \geq k_{smin} \quad (4.37)$$

$$3,04 \geq 2 \text{ [1]} \Rightarrow \text{Vyhovuje podmínice.}$$

**Kontrola otláčení čepu a oka závěsu hydromotoru**

Průměr čepu je dán závěsným okem pláště hydromotoru, který je určen výrobcem (viz Obrázek 4.11). Čep je namáhán na ohyb, smyk a otláčení. Průměr čepu je vlastně pevnostně zkontrolován výrobcem, proto jej zkontroluji pouze na otláčení, které je nejvyšší v místě dotyku s okem závěsu PČH. Pro čep volím materiál 11 600.0 (vlastnosti – viz tabulka 4.2)



Obrázek 4.23 Detail uložení hydromotoru s rámem

Tabulka 4.38 Vlastnosti oceli [2], [3]

Ocel	$R_m$ [MPa]	$R_{e\ min}$ [MPa]	$p_d$ [MPa]	Vlastnosti
11 600.0	590 ÷ 705	295	120	Konstrukční ocel, tavná svařitelnost obtížná

$$p_{otl1} = \frac{F_{max}}{d \cdot a} \leq p_d \quad (4.39)$$

$$p_{otl1} = \frac{150 \cdot 10^3}{45 \cdot 32}$$

$$p_{otl1} = 104 \text{ [MPa]}$$

**104 ≤ 120 [MPa] ⇒ Vyhovuje podmínice.**

kde:  $p_{otl1}$  tlak vyvíjený na oko pláště PČH a čep [MPa]

$p_d$  dovolený tlak; volím pro čep i závěs dle [2], [3]  $p_d = 120 \text{ [MPa]}$ , viz tabulka 4.1 a 4.2

$$p_{otl2} = \frac{F_{max}}{2 \cdot d \cdot b} \leq p_d \quad (4.40)$$

$$p_{otl2} = \frac{150 \cdot 10^3}{2 \cdot 45 \cdot 15}$$

$$p_{otl2} = 111 \text{ [MPa]}$$

**111 ≤ 120 [MPa] ⇒ Vyhovuje podmínice.**

kde:  $p_{otl2}$  tlak vyvíjený na závěs PČH a čep [MPa]

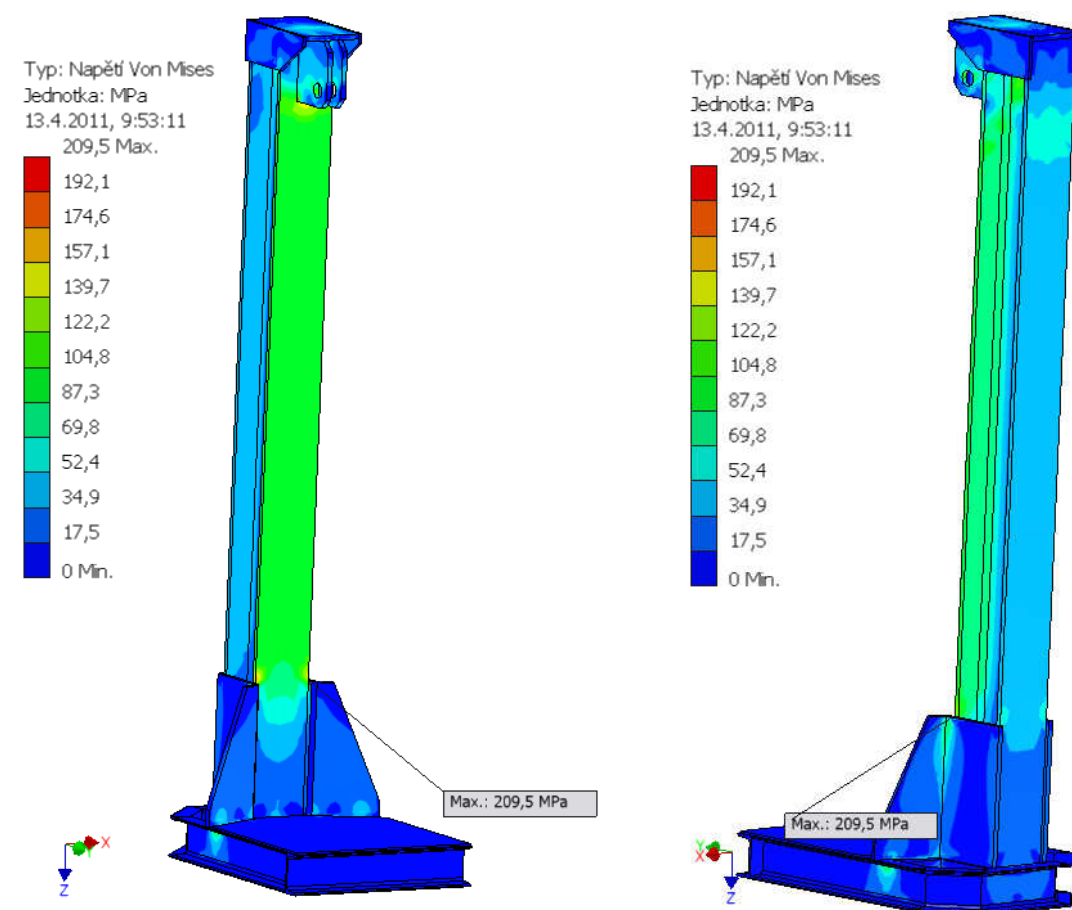
Nejvyšší tlak  $p_{otl2} = 111 \text{ [MPa]}$  je vyvíjen na oko závěsu hydromotoru. Díky dovolenému tlaku  $p_d = 120 \text{ [MPa]}$  prošel čep i závěs kontrolou na otláčení.

### 4.3.3 Kontrola rámu pomocí MKP

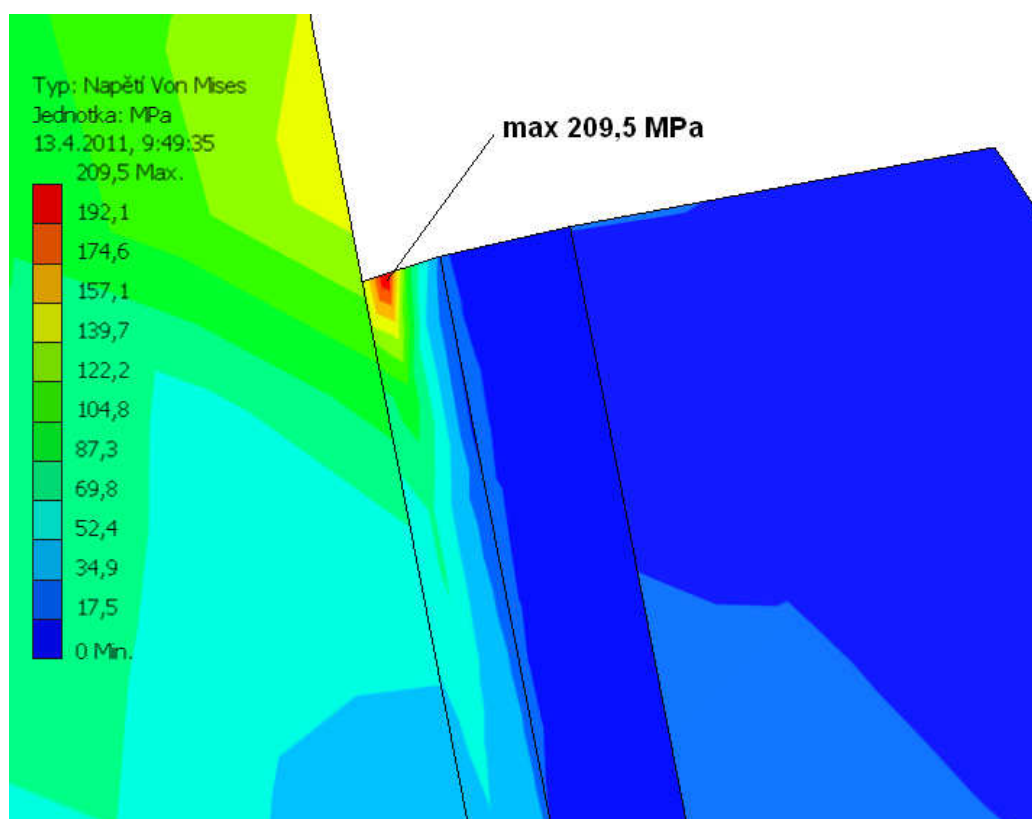
Pro kontrolu jsem použil maximální štípací sílu  $F_{max} = 150 \text{ [kN]}$ , která se rovnoměrně rozdělí na obě oka závěsu PČH. Síla působí v ose štípání směrem nahoru.

Největší napětí se nacházejí dle MKP na podporách stojanu v blízkosti svaru se stojanem rámu (viz Obrázek 4.25). Další velmi namáhaná místa jsou samotný stojan a závěs přímočarého hydromotoru. Stojan je namáhán ohybem a tahem.





Obrázek 4.24 MKP rámu štipačky



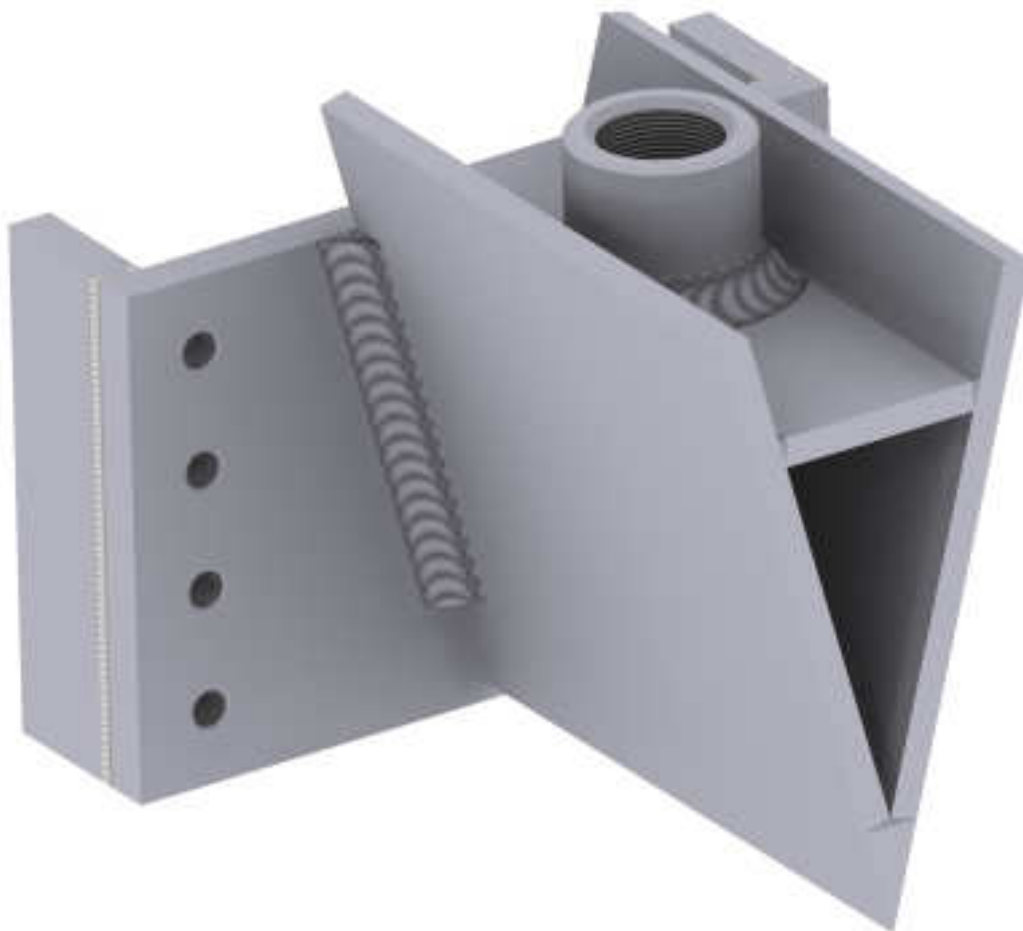
Obrázek 4.25 Detail nejvíce namáhaného místa dle MKP

#### 4.4 KONSTRUKČNÍ NÁVRH ŠTÍPACÍCH KLÍNŮ

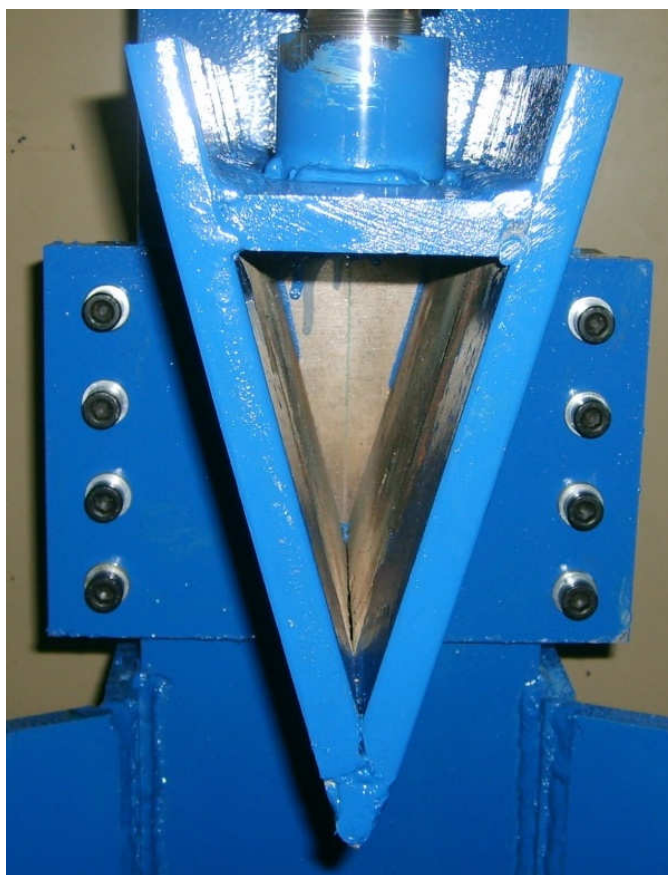
Štípací klín umožňuje rozštípnutí polena. Nejdůležitější rozměrem klínu je úhel, který má největší vliv na funkci stroje. Při malém úhlu se poleno spíše řeže, klíny s většími štípacími úhly mají problém proniknout do polena. Nejčastěji se vyrábějí klíny v rozmezí úhlů 30° až 50°.

Použité klíny pro štípací stroj jsou navrhovány jako svařence. Navrhl jsem 3 druhy klínu, které se odlišují tvarem a úhlem. Klín klasického tvaru (viz Obrázek 4.29), klín se špičkou a zaoblenou boční stěnou (viz Obrázek 4.30) a klín ve tvaru písmene Y, tzv. rozšiřovací (viz Obrázek 4.31).

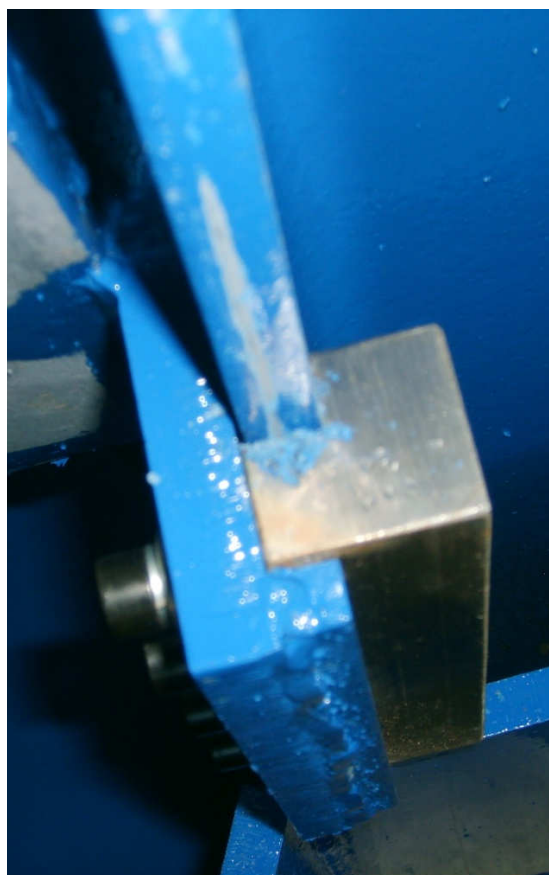
Štípací klín se skládá z vedení, které jezdí po stojanu rámu, z pracovního klínu na který je navařena trubka se závitem, která slouží jako spojovací prvek s PČH. Pohyb klínu v rovině kývání je jištěn vodící lištou tvaru písmene L, která je spojena s vedením klínu osmi šrouby M10 (viz Obrázek 4.28).



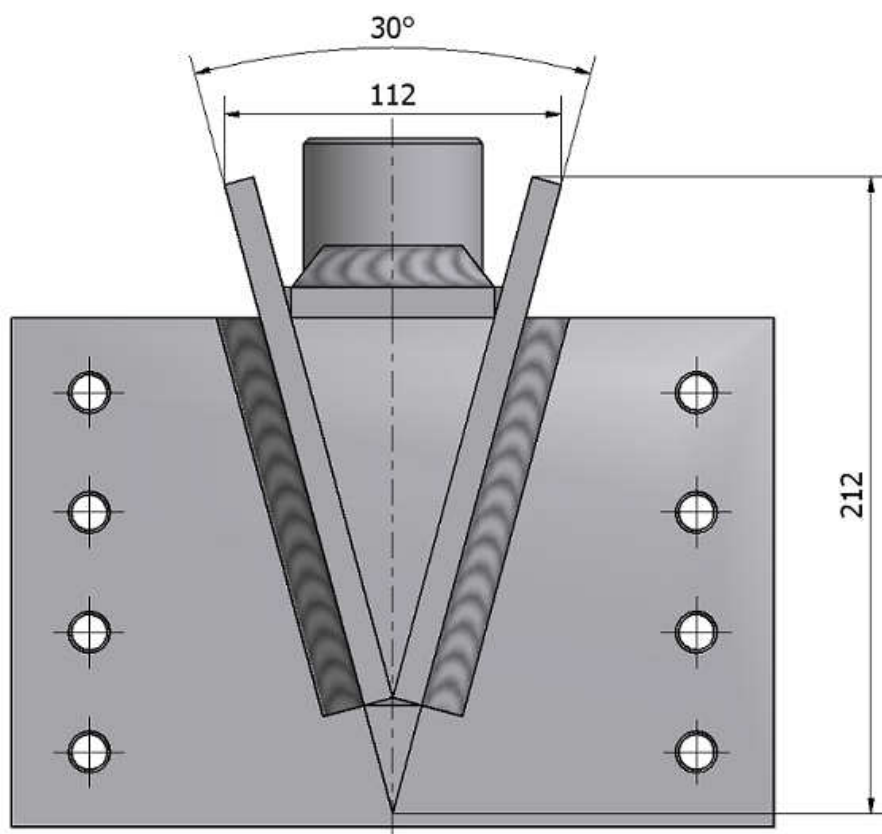
Obrázek 4.26 3D návrh klínu v programu Inventor



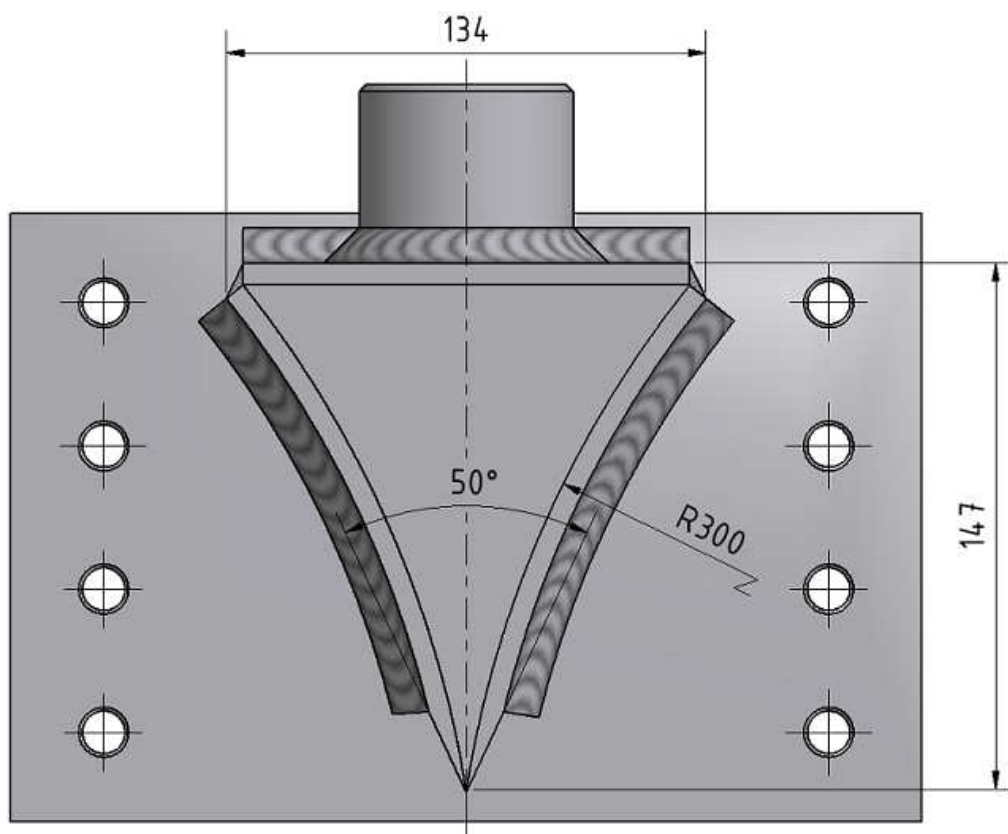
Obrázek 4.27 Klín ve skutečnosti



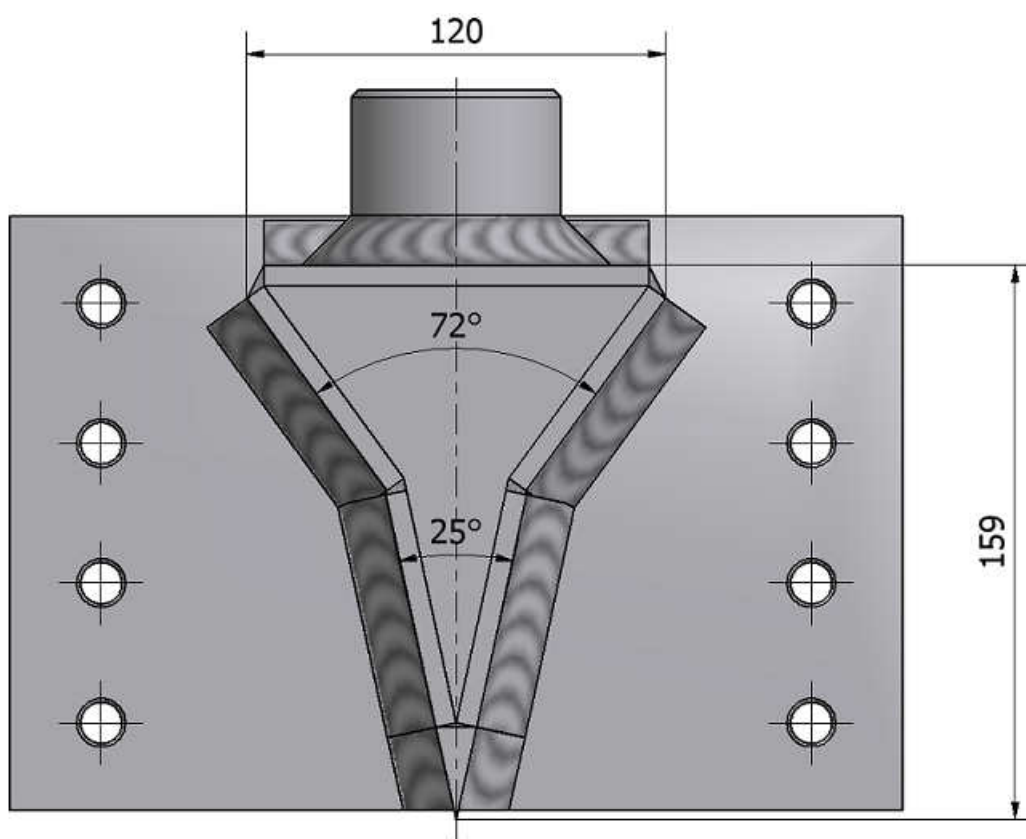
Obrázek 4.28 Detail vedení klínu pomocí L – profilu



Obrázek 4.29 Hlavní rozměry klínu klasického tvaru



Obrázek 4.30 Hlavní rozměry zaobleného klínu



Obrázek 4.31 Hlavní rozměry klínu tvaru Y

## 5 NÁVRH METODIKY MĚŘENÍ ŠTÍPACÍCH SIL

### 5.1 Technický popis tlakového snímače

Pro zjištění aktuálního štípacího tlaku jsem zvolil snímač tlaku s integrovanou elektronikou **HM 17 – 11/250 – H/V0/0** od firmy Bosch Rexroth, který je připevněn ke koncovce hydraulické hadice se dvěma tlakovými výstupy. Hydraulická hadice je připojena jak na vstupní, tak na výstupní šroubení přímočarého hydromotoru (viz Obrázek 5.1).

Tlakový snímač dokáže změřit statické nebo dynamické tlaky a následně převést měřený signál do elektrického signálu. [37]

Technické údaje: [37]

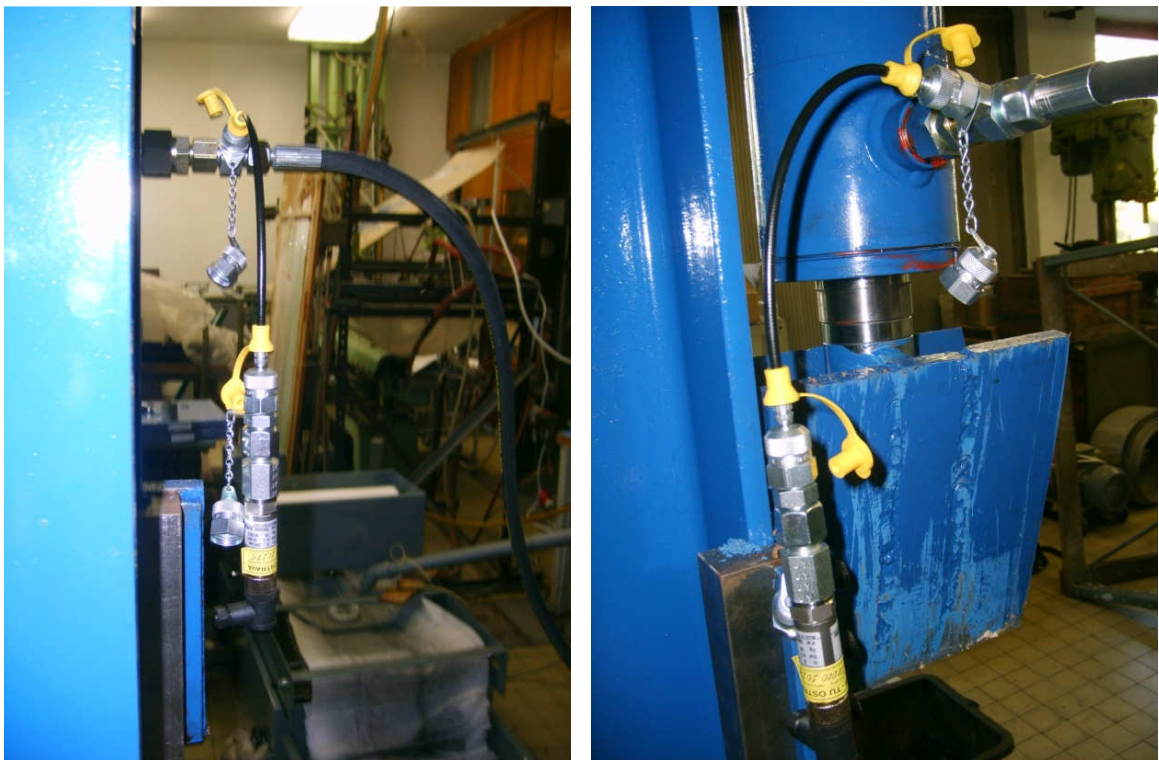
Měřicí rozsah tlaku:  $p_N = (0 \div 250) \text{ [bar]}$

Provozní napětí:  $U_B = (19 \div 36) \text{ [V]}$

Výstupní signál napětí:  $U = (0,1 \div 10) \text{ [V]}$

Závit připojení: G 1/4

Teplotní rozsah kapaliny:  $\vartheta = (-40 \div +90) \text{ [}^\circ\text{C]}$



Obrázek 5.1 Snímač tlaku s integrovanou elektronikou namontovaný na koncovku hadice



## 5.2 Postup měření štípacích sil

Nejprve se zkalibrují tlaková čidla pomocí siloměru, který je konstruován na sílu 150 [kN]. Díky tomu dokážeme zjistit, kterou dokáže štípačka vyvinout.

Před štípáním se změří měřidlem průměr a délka polena. Dále se změří vlhkost polena vlhkoměrem dřeva (viz Obrázek 5.2). Zapiše se, o jaký druh dřeva se jedná a jaký druh klínu se pro měření používá.

Grafické znázornění výsledků měření v elektronické podobě získáme pomocí softwaru LabVIEW, který je propojený pomocí kabelů s tlakovými snímači. Tento software vykreslí do grafu aktuální štípací tlak.

Štípací sílu zjistíme přepočtem z průměrného štípacího tlaku a průměru polena. Výsledkem bude síla na milimetr průměru štípaného polena, kterou zapíšeme do tabulky a budeme porovnávat z různých hledisek, např.: jaký tvar a úhel klínu je nejvýhodnější pro určitý druh a vlhkost štípaného polena.

Dále budeme zjišťovat maximální dosažené síly při štípání jednotlivých druhů dřevin s ohledem na použitý klín. Maximální sílu získáme obdobně jako v předchozím případě, ale ve výpočtu použijeme maximální dosažený štípací tlak. Naměřené síly opět seřadíme do tabulky.



Technické údaje: [38]

Rozsah měření vlhkosti:  $(8 \div 28)$  [%]

Přesnost měření:  $\pm 2$  [%]

Provozní prostředí:  $(0 \div +50)$  [°C]

Obrázek 5.2 Vlhkoměr dřeva TECPEL TMM 590 [38]



Obrázek 5.3 Štípání polena

## 6 ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabýval problematikou štípacích strojů a řešil jsem konstrukci zadaného zařízení pro zjišťování štípacích sil u dřeva.

V teoretické části jsem provedl rešerši k danému tématu. Provedl jsem zde rozdělení štípaček z různých hledisek dle konstrukce. Dále jsem zde popsal příslušenství těchto strojů, zejména rozdělení štípacích klínů.

V praktické části jsem nejprve zvolil typ štípacího stroje, který se bude používat pro měření a popsal jsem jeho hlavní části. Zvolil jsem vertikální štípací stroj, kde štípací sílu vyvozuje hydraulický válec a zdrojem tlakové energie je samostatný hydraulický agregát, který je spojen s hydraulickým válcem pomocí hydraulických hadic s rychlospojkami. Pomocí zadaných hodnot jsem navrhl přímočarý hydromotor a provedl kontrolu dovolené síly na daný průměr pístní tyče. Dále jsem navrhl hydraulický obvod stroje. Vypočítal jsem a specifikoval prvky hydraulického agregátu, aby vyhovovali zadaným parametrům. Ve snaze minimalizovat výrobní náklady jsem zvolil elektromotor o jmenovitém výkonu 5,5 [kW], i když vypočtený potřebný výkon pro fungování soustavy vyšel o 0,113 [kW] větší. Mohl jsem si to dovolit, protože motor lze na krátkou dobu přetěžovat jak je patrné z normy ČSN EN 60034 – 1. Tento záměr jsem musel doložit výpočtem z hlediska dovoleného oteplení a s ohledem na mechanickou přetížitelnost. Pomocí těchto výpočtů jsem zjistil, že navrhovaný elektromotor je vyhovující. Dále jsem zde vytvořil konstrukční návrh rámu štípacího s detailním popisem jednotlivých částí, tento návrh je podložen výpočtem svarů důležitých uzlů a kontrolou pomocí metody konečných prvků (MKP). Je zde i kontrola závěsu přímočarého hydromotoru na dovolené otačení. Zabýval jsem se i návrhem štípacích klínů a způsobu jejich vedení. Zkonstruoval jsem 3 druhy štípacích klínů (klín klasického tvaru, zaoblený klín a rozšiřovací klín ve tvaru písmene Y).

V poslední části diplomové práce jsem se zabíral problematikou návrhu metodiky měření štípacích sil. Navrhl jsem snímač tlaku s integrovanou elektronikou a nakonec postup měření sil.

**SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ**

- [1] KOPÁČEK, J., PAVLOK, B., *Tekutinové mechanismy*. 1. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. 156 s. ISBN 80-7078-238-2.
- [2] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [3] KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vydání, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2008. 91 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [4] KALÁB, Květoslav. *Konstrukční návrh a výpočet svařované ocelové konstrukce. Vysokoškolská příručka* [online]. 2004 [cit. 2011-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.347.vsb.cz/files/kal01/prirucka-svarkonstrukce.pdf>>.
- [5] *Ferona* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Sortimentní katalog. Dostupné z WWW: <<http://www.ferona.cz/cze/katalog>>.
- [6] *Rexroth Bosch Group* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Products. Dostupné z WWW: < [http://www.boschrexroth.com/business\\_units/bri/en/products/index.jsp](http://www.boschrexroth.com/business_units/bri/en/products/index.jsp) >
- [7] *HYDRAULICS s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Výroba katalogových hydromotorů. Dostupné z WWW: <[http://www.hydraulics.cz/system/pdf\\_czs/1/original/Vyrobní\\_katalog\\_primocarych\\_hydromotoru.pdf?1281090037](http://www.hydraulics.cz/system/pdf_czs/1/original/Vyrobní_katalog_primocarych_hydromotoru.pdf?1281090037)>
- [8] *Posch* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Katalog. Dostupné z WWW: <[http://www.posch.com/allsite\\_prod1/ContentView/6/FrontEnd?pageId=26202&language=cs](http://www.posch.com/allsite_prod1/ContentView/6/FrontEnd?pageId=26202&language=cs)>
- [9] *Siemens* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Elektromotory. Dostupné z WWW: <<http://www.elektromotory-siemens.cz/upload/File/katalog-elektromotoru-1la7-0605-k02-cz.pdf>>
- [10] VRÁNA, Václav. *Elektrické stroje – rozdělení, druhy provedení, vlastnosti, dimenzování*. [online]. 2006 [cit. 2011-04-19]. Dostupný z WWW: <[http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/rozvody\\_lomy/04\\_el\\_stroje.pdf](http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/rozvody_lomy/04_el_stroje.pdf)>.
- [11] *CHARVÁT Group s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Hydraulické hadice s koncovkami. Dostupné z WWW: < [http://www.charvat-chs.cz/admin/userfiles/File/hadice\\_s\\_koncovkami.pdf](http://www.charvat-chs.cz/admin/userfiles/File/hadice_s_koncovkami.pdf) >

- [12] *Maister* [online]. 2009 [cit. 2011-05-09]. Jak koupit štípačky?. Dostupné z WWW: < <http://www.jak-se-kupuje-stipacka-na-drevo.cz/> >.
- [13] *Chatař & chalupář* [online]. 2003 [cit. 2011-05-09]. ŠTÍPAČE DŘEVA. Dostupné z WWW: < <http://www.chatar-chalupar.cz/index.php?rid=clanek&clid=3135> >.
- [14] *Hobby.cz* [online]. 19.11.2008 [cit. 2011-05-09]. Štípačky dřeva patří mezi dražší pomocníky, nakonec se ale vyplatí. Dostupné z WWW: < [http://hobby.idnes.cz/stipacky-dreva-patri-mezi-drazsi-pomocniky-nakonec-se-ale-vyplati-1c6-/hobby-zahrada.asp?c=A081118\\_162824\\_hobby-zahrada\\_bma](http://hobby.idnes.cz/stipacky-dreva-patri-mezi-drazsi-pomocniky-nakonec-se-ale-vyplati-1c6-/hobby-zahrada.asp?c=A081118_162824_hobby-zahrada_bma) >.
- [15] *Dřevo - produkt* [online]. 2009 [cit. 2011-05-09]. Štípací stroje a kráčící pily. Dostupné z WWW: < <http://www.drevoprodukt.cz/index.php?p=37> >.
- [16] *Štípačka.cz* [online]. 2005 [cit. 2011-05-09]. Pohon štípacích strojů. Dostupné z WWW: < [http://www.stipacka.cz/domaci/juniorxd3\\_380.html](http://www.stipacka.cz/domaci/juniorxd3_380.html) >.
- [17] *Dřevo - produkt* [online]. 01-2008 [cit. 2011-05-09]. Mr.Paldu. Dostupné z WWW: < [http://www.drevoprodukt.cz/upload/stipacka1100\\_19Z.pdf](http://www.drevoprodukt.cz/upload/stipacka1100_19Z.pdf) >.
- [18] *VOPA - nářadí* [online]. 2010 [cit. 2011-05-09]. Štípače dříví. Dostupné z WWW: < <http://www.e-shop-naradi.cz/alko-Stipac-dreva-horizontalni-khs-3700-l-doprava-zdarma-pi-6500.html?noresize=1> >.
- [19] *Bystron* [online]. 2007 [cit. 2011-05-09]. Štípač dřeva Hobby 4t. Dostupné z WWW: < <http://www.bystron.cz/gal.php?o=7&d=hobby4t> >.
- [20] *STS Prachatice* [online]. 2010 [cit. 2011-05-09]. Hydraulické štípače HMG . Dostupné z WWW: < <http://eshop.stsprachatice.cz/farma-a-hobby/stipace/stipace-hmg/hydr-stipac-dreva-hsp-10f-z.htm> >.
- [21] *ELVA - PROFI* [online]. 2008 [cit. 2011-05-09]. Štípače Hnané hřídelí. Dostupné z WWW: < <http://www.elvaprofi.cz/zahradni-technika/stipace/hnane-hrideli-pto/scheppach-ox-5-1600-pto.html> >.
- [22] *WOODLINE* [online]. 11.3.2006 [cit. 2011-05-09]. Hydraulické a štípací stroje. Dostupné z WWW:< [http://www.woodline-czech.cz/popup\\_image.php?pID=68](http://www.woodline-czech.cz/popup_image.php?pID=68) >.
- [23] *Skořupa nářadí a nástroje* [online]. 2010 [cit. 2011-05-09]. Štípače dřeva. Dostupné z WWW: < <http://www.akunaradi.cz/stipac-dreva-gude-ps-1100-14-tk/d-70553/> >.

- [24] *KLIEN* [online]. 2010 [cit. 2011-05-09]. Štípače dřeva. Dostupné z WWW: < [http://www.klien-maschinenhandel.at/data/product/template\\_41/normal/16000\\_image-0.jpg](http://www.klien-maschinenhandel.at/data/product/template_41/normal/16000_image-0.jpg) >.
- [25] *Vše pro váš dům* [online]. 9.7.2009 [cit. 2011-05-10]. Štípačka na dřevo - neocenitelný pomocník pro Váš dům. Dostupné z WWW: < <http://www.vseprovasdum.cz/stipacka-na-drevo-elektrohydraulicky-neocenitelný-pomocnik-pro-vas-dum.htm> >.
- [26] *KB-CONTRACT* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. Štípače dřeva. Dostupné z WWW: < [http://www.kbcontract.cz/katalog/les-a-zahrada\\_1/stipace-dreva\\_76/mtd\\_247/produkt/ls-550](http://www.kbcontract.cz/katalog/les-a-zahrada_1/stipace-dreva_76/mtd_247/produkt/ls-550) >.
- [27] *BERNARDI* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. SL13. Dostupné z WWW: < <http://www.bernardimacchine.it/serie-sl-slk/> >.
- [28] *KOHÚT* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. UNC ŠTÍPAČ. Dostupné z WWW: < <http://www.kohut.cz/files/images/20091208140147652.jpg> >.
- [29] *ABG POWER TOOLS* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. ŠTÍPAČE DŘEVA. Dostupné z WWW: < <http://www.abg.cz/zbozi/stipace-dreva/stipacka-na-drevo-vari-8-ton.htm> >.
- [30] *YAUTO.CZ* [online]. 22.1.2008 [cit. 2011-05-10]. Traktorová štípačka dřeva. Dostupné z WWW: < <http://www.yauto.cz/zemedelska-technika/traktorova-stipacka-dreva-34005.html> >.
- [31] *Scheppach.com* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Produkte. Dostupné z WWW: < <http://www.scheppach.com/de/produkte/einzelansicht/categories/holzspalter-stehend/products/treibkeil-fuer-ox-1-1000/backproduct/hydraulikspalter-ox-1-1000/backPID/einzelansicht-1.html?cHash=7995d043ce> >.
- [32] *POSCH* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Posch - Qualität und Sicherheit . Dostupné z WWW: < [http://www.posch.com/allsite\\_prod1/ContentView/6/FrontEnd?pageId=26202&language=e](http://www.posch.com/allsite_prod1/ContentView/6/FrontEnd?pageId=26202&language=e) >.
- [33] *BERGLAND* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Štípací kříž. Dostupné z WWW: < <http://www.bergland24.cz/zahrada-terasa-grily-/stipaci-kriz-stipacka-pro-10-a-12-t> >.



- [34] *DOBŘE NÁŘADÍ* [online]. 2008 [cit. 2011-05-10]. Štípačky na dřevo příslušenství. Dostupné z WWW: < <http://www.dobre-naradi.cz/zbozi/Stipaci-klin-6-ti-ramenny-SCHEPPACH-k-Ox-1-600-1-700/p-6414/> >.
- [35] *AGAMA* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. Štípací nůž (8 břitů). Dostupné z WWW: < <http://www.4forest.cz/produkty/stipaci-poloautomaty-tajfun-prislusenstvi/nuz-8-britu/> >.
- [36] *P&L* [online]. 2005 [cit. 2011-05-10]. Kloubové hřídele. Dostupné z WWW: < <http://www.pal.cz/page/1971.kardany/> >.
- [37] *BOSCHREXROTH* [online]. 2011-01-14 [cit. 2011-05-13]. Snímač tlaku. Dostupné z WWW: < <http://www.boschrexroth.com/industrial-hydraulics-catalog/Vornavigation/Vornavi.cfm?Language=EN&VHist=g54569,g54584,g54615&PageID=p78556> >.
- [38] *Drevoexpress.sk* [online]. 2006 [cit. 2011-05-13]. Vlhkoměr dřeva. Dostupné z WWW: < [http://www.drevoexpress.sk/download/vlhkomer/TMM\\_590.pdf](http://www.drevoexpress.sk/download/vlhkomer/TMM_590.pdf) >.
- [39] *ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36s.

## **POUŽITÉ PROGRAMY**

- 1) Autodesk Inventor Professional 2010
- 2) Interactive Catalog System 1.2 od firmy Rexroth Bosch Group

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- 1) Výkres sestavy: Štípačka – sestava, číslo výkresu MAC615 – 00 – 00, formát A0.
- 2) Výkres svařence: Rám – svařenec, číslo výkresu MAC615 – 00 – 01, formát A0.
- 3) Vypracování diplomové práce na CD nosiči.